

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑪ DE 32 19 452 C 2

⑤① Int. Cl. 4:  
G 01 S 17/10

3

②① Aktenzeichen: P 32 19 452.8-35  
②② Anmeldetag: 24. 5. 82  
②③ Offenlegungstag: 17. 3. 83  
②④ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 24. 4. 86

DE 32 19 452 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③① Innere Priorität: ③② ③③ ③①  
09.06.81 DE 31 52 278.5

⑦③ Patentinhaber:  
MTC, Meßtechnik und Optoelektronik AG,  
Neuenburg/Neuchâtel, CH

⑦④ Vertreter:  
Uri, P., Dipl.-Ing.; Straßer, W., Dipl.-Phys., Pat.-Anw.,  
8000 München

⑦② Erfinder:  
Bölkow, Ludwig, Dr., 8022 Grünwald, DE; Mehnert,  
Walter, Dr., 8012 Ottobrunn, DE; Chaborski, Hoiko,  
8000 München, DE

⑤⑥ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene  
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-OS 31 03 567

⑤④ Dynamik-Steuerungsanordnung für ein Entfernungsmessgerät

DE 32 19 452 C 2

## Patentansprüche:

1. Dynamik-Steuerungsanordnung für ein Entfernungsmeßgerät nach dem Prinzip der Laufzeitmessung eines Meßlichtimpulses, der von einem durch einen Trigger-Generator angesteuerten Sender erzeugt, über eine Sendeoptik zum Zielgegenstand ausgesandt, von diesem reflektiert und vom Meßgerät mittels einer Empfangsoptik empfangen und auf einen elektrooptischen Empfänger gelenkt wird, der in Antwort hierauf ein elektrisches Signal zur Beendigung der Laufzeitmessung erzeugt, wobei der vom Sender zur Sendeoptik führende Lichtweg eine Verzweigungsstelle aufweist, an der vom Sender kommendes Licht in einen geräteinternen unmittelbar zum Empfänger führenden Referenzlichtweg einspeisbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß an der Verzweigungsstelle ein Lichtwegumschalter (10) angeordnet ist, durch den ein vom Sender erzeugter Lichtimpuls bei jedem Meßschub dem zur Sendeoptik (16) führenden Sende-Meßlichtweg (15) und bei jedem Referenzschub dem Referenzlichtweg (11) zuführbar ist und daß der Trigger-Generator (3) bei den Meßschüssen und/oder den Referenzschüssen zeitlich so steuerbar ist, daß jeweils ein vorgebbarer Teil der vom Sender (1) in einem Lichtimpuls abgegebenen Lichtmenge zum Empfänger (23) gelangt.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtwegumschalter (10) beweglich ist.

3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtwegumschalter (10) eine periodische Bewegung ausführt.

4. Anordnung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Trigger-Generator (3) zeitlich so steuerbar ist, daß durch die entsprechende wirksam werdende Stellung des Lichtwegumschalters (10) zur Erzielung der gewünschten Dämpfung ein vorgebbarer Teil der in dem jeweiligen Lichtimpuls enthaltenen Lichtmenge in einen einzigen weiterführenden Abschnitt (15 bzw. 32) des Meßlichtweges (15, 19) oder des Referenzlichtweges (11) einspeisbar ist.

5. Anordnung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Trigger-Generator (3) zeitlich so steuerbar ist, daß durch die entsprechende wirksam werdende Stellung des Lichtwegumschalters (10) zur Erzielung der gewünschten Dämpfung die gesamte in dem jeweiligen Lichtimpuls enthaltene Lichtmenge in einen ausgewählten von mehreren funktional zueinander parallelen Abschnitten des Meßlichtweges oder des Referenzlichtweges einspeisbar ist, wobei jeder dieser Abschnitte ein Dämpfungselement mit einem anderen Dämpfungsfaktor ausweist.

6. Anordnung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Trigger-Generator (3) zeitlich so steuerbar ist, daß durch die entsprechende wirksam werdende Stellung des Lichtwegumschalters (10) die gesamte in dem jeweiligen Lichtimpuls enthaltene Lichtmenge in einen einzigen weiterführenden Abschnitt (15 bzw. 32) des Meßlichtweges (15, 19) oder des Referenzlichtweges (11) einspeisbar ist und daß in den Meßlichtweg (15, 19) bzw. den Referenzlichtweg (11) in Abhängigkeit von der momentanen Stellung des Lichtwegumschalters (10) jeweils ein anderes Dämpfungsfilter mit einem Dämpfungsfaktor der gewünschten Größe bringbar ist.

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 5,

dadurch gekennzeichnet, daß als Lichtwegumschalter (10) ein periodisch hin- und herschwingender Spiegel (45) vorgesehen ist, wobei die Meßlichtstellung (46) und die Referenzlichtstellung (47) so gewählt sind, daß sie nicht mit den Umkehrpunkten des Spiegels (45) zusammenfallen.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Lichtwegumschalter (10) ein rotierendes Prisma mit spiegelnden Seitenflächen vorgesehen ist, dessen Rotationsachse senkrecht zu den optischen Achsen der am Prisma endenden Lichtwege steht.

9. Anordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Lichtwegumschalter (10) eine beständig rotierende Scheibe (55) vorgesehen ist, deren Rotationsachse (56) parallel zu den optischen Achsen der an der Scheibe (55) endenden Lichtwege (7, 15, 19, 21) steht und die in ihrem dem vom Sender (1) kommenden Lichtweg (7) abdeckenden Bereich wenigstens eine das Senderlicht geradlinig durchlassende Öffnung (60 bis 65) und wenigstens einen das Senderlicht um einen vorgegebenen Winkel ablenkenden Spiegel (70 bis 75) aufweist, und daß der Sende-Meßlichtweg (15) zum Empfang des geradlinig durch die Scheibe (55) durchgelassenen Lichts und der Referenzlichtweg (11) zum Empfang des abgelenkten Lichts angeordnet sind.

10. Anordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Scheibe (55) mehrere das Senderlicht durchlassende Öffnungen (60 bis 65) und mehrere das Senderlicht ablenkende Spiegel (70 bis 75) aufweist, daß alle Öffnungen (60 bis 65) und Spiegel (70 bis 75) denselben Abstand von der Rotationsachse (56) der Scheibe (55) besitzen und daß in wenigstens einer (62 bis 65) der Öffnungen (60 bis 65) ein das Senderlicht dämpfendes Filter angeordnet ist.

11. Anordnung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Scheibe (55) einen Bereich aufweist, der den von der Empfangsoptik (18) zum photoelektrischen Empfänger (23) führenden Empfangs-Meßlichtweg (19) überdeckt und daß in diesem Bereich eine Vielzahl von das Empfangslicht durchlassenden Öffnungen (90 bis 95) vorgesehen ist, die alle denselben Abstand von der Rotationsachse (56) der Scheibe (55) aufweisen, und daß zumindest in einigen (91 bis 95) dieser Öffnungen (90 bis 95) jeweils ein das Empfangslicht dämpfendes Filter angeordnet ist, wobei sich die Dämpfungsfaktoren der verschiedenen Filter teilweise voneinander unterscheiden.

12. Anordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils  $n$  der das Empfangslicht durchlassenden Öffnungen (90 bis 95) der Scheibe (55) zu einer Gruppe zusammengefaßt sind, die eine das Empfangslicht ungedämpft durchlassende Öffnung (90) sowie  $n-1$  Öffnungen (91 bis 95) aufweist, in denen jeweils ein Filter mit einem anderen Dämpfungsfaktor angeordnet ist, und daß in jeder Gruppe die dämpfungs freie Öffnung (90) und die Öffnungen (91 bis 95) mit den Filtern mit unterschiedlichen Dämpfungsfaktoren in der gleichen Reihenfolge angeordnet sind.

13. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungsfaktoren der in einander entsprechenden Öffnungen (90 bis 95) verschiedener Gruppen angeordneten Filter einander gleich sind und daß sich die Dämpfungsfaktoren der

zu einer Gruppe gehörenden Filter jeweils voneinander um einen Faktor unterscheiden, der kleiner als das Verhältnis der größten zur kleinsten vom photoelektrischen Empfänger (23) und dem ihm nachgeschalteten Kanal verarbeitbaren Signalamplitude ist.

14. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungsfaktoren der in einander entsprechenden Öffnungen (90 bis 95) verschiedener Gruppen angeordneten Filter einander gleich sind und daß sich die Dämpfungsfaktoren der zu einer Gruppe gehörenden Filter jeweils voneinander um einen Faktor unterscheiden, der kleiner als das Produkt aus dem Verhältnis der größten zur kleinsten vom photoelektrischen Empfänger (23) und dem ihm nachgeschalteten Kanal verarbeitbaren Signalamplitude und aus dem Verhältnis der größten zur kleinsten vom Sender (1) abgebbaren Leistung ist.

15. Anordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die das Senderlicht durchlassenden Öffnungen (60 bis 65) der Scheibe (55) zu  $n$  Öffnungen umfassenden Gruppen zusammengefaßt sind, zwischen denen sich  $n$  Spiegel (70 bis 75) umfassende Gruppen von das Senderlicht ablenkenden Spiegeln befinden, daß jede der Gruppen von Öffnungen (60 bis 65) wenigstens eine in Umfangsrichtung verlängerte Öffnung (60, 61) umfaßt, in der kein Filter angeordnet ist, und daß in den übrigen Öffnungen (62 bis 65) unter einem von 90° verschiedenen Winkel schräg zur optischen Achse (15a) stehende Dämpfungsfilter angeordnet sind, die alle denselben Dämpfungsfaktor aufweisen.

16. Anordnung nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß immer eine das Senderlicht durchlassende Öffnung (60 bis 65) bzw. ein das Senderlicht ablenkender Spiegel (70 bis 75) und eine das Empfangslicht durchlassende Öffnung (90 bis 95) mit ihren Mittelpunkten auf einem gemeinsamen von der Rotationsachse (56) der Scheibe (55) ausgehenden Radialstrahl angeordnet sind, und daß die Scheibe (55) wenigstens ein Loch (98) aufweist, das einen anderen Abstand von der Rotationsachse (56) aufweist, als die Öffnungen (60 bis 65 und 90 bis 95) und die Spiegel (70 bis 75) und durch das bei jeder Umdrehung der Scheibe (55) einmal eine Lichtschranke (99, 100) freigebar ist, deren Signal zur Feststellung der momentanen Lage der Scheibe (55) und zur Überwachung ihrer Rotationsgeschwindigkeit dient.

17. Anordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß in einem vorgegebenen Winkelabstand vor jedem der die Mitte zweier Öffnungen bzw. einer Öffnung und eines Spiegels miteinander verbindenden Radialstrahlen ein die Lichtschranke freigebendes Loch (98) vorgesehen ist und daß die beim Durchlaufen dieser Löcher (98) durch die Lichtschranke (99, 100) abgegebenen Signale zur Vorbereitung der Triggerung eines Lichtimpulses dienen.

18. Anordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß im Empfangslichtweg (19, 21) zwischen der rotierenden Scheibe (55) und dem photoelektrischen Empfänger (23) ein teildurchlässiger Spiegel (85) schräg zur optischen Achse des Empfangslichtweges angeordnet ist, durch den das Empfangslicht geradlinig hindurchtritt und durch den das vom Referenzlichtweg (11) kommende Licht umlenkbar und in den zum Empfänger (23) führenden Teil (21) des Empfangslichtweges (19, 21) einkoppelbar ist.

19. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Referenzlichtweg (11) seriell hintereinander ein Dämpfungsglied (83) mit einem festen Dämpfungsfaktor und ein steuerbares Dämpfungsglied (33) mit einem veränderlichen Dämpfungsfaktor angeordnet sind.

20. Anordnung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von maximalem zu minimalem Dämpfungsfaktor des steuerbaren Dämpfungsgliedes (33) wenigstens gleich dem Produkt aus einem das alterungsbedingte Nachlassen der Senderleistung berücksichtigenden Zahlenwert und dem Verhältnis der maximalen zur minimalen Signalamplitude ist, die vom photoelektrischen Empfänger (23) und seinem nachgeschalteten Kanal noch verarbeitet werden können.

21. Anordnung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von maximalem zu minimalem Dämpfungsfaktor des steuerbaren Dämpfungsgliedes (33) wenigstens gleich dem Produkt aus einem das alterungsbedingte Nachlassen der Senderleistung berücksichtigenden Zahlenwert, dem Verhältnis der maximalen zur minimalen Signalamplitude, die vom photoelektrischen Empfänger (23) und seinem nachgeschalteten Kanal noch verarbeitet werden können, und dem Verhältnis der maximalen zur minimalen Leistung ist, die vom Sender (1) abgegeben werden kann.

22. Anordnung nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß das steuerbare Dämpfungsglied (33) eine durch einen Schrittmotor (81) verdrehbare Graukeilscheibe (80) ist.

23. Anordnung nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß das steuerbare Dämpfungsglied (33) ein PLZT- oder PLMNZT-Scheibchen ist.

24. Anordnung nach einem der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuersignal für das steuerbare Dämpfungsglied (33) durch Vergleich der verstärkten und gleichgerichteten Signalamplituden gewinnbar ist, die der Photoempfänger (23) beim Empfang eines Meßlichtimpulses einerseits und beim Empfang eines Referenzlichtimpulses andererseits abgibt.

25. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einem zur Erzeugung der verschiedenen benötigten Spannungen dienenden Zerkacker, dadurch gekennzeichnet, daß der Trigger-Generator (3) in Abhängigkeit von den Zerkackerschwingungen so steuerbar ist, daß Beginn und Ende der Signallaufzeitmessungen in Zeiträume fallen, in denen keine durch die Zerkackerflanken bedingten Störungen auftreten.

26. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 25 mit einem zur Erzeugung der verschiedenen benötigten Spannungen dienenden Zerkacker, dadurch gekennzeichnet, daß eine Schaltungsanordnung zum Unterdrücken der Schwingungen des Zerkackers in den Zeiträumen, in die Beginn und Ende einer Signallaufzeitmessung fallen können, und ein in diesen Zeiträumen die Stromversorgung des Gerätes übernehmender Pufferkondensator vorgesehen sind.

27. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Optimierung des Signal/Rausch-Verhältnisses ein in der Mittenfrequenz abstimmbares Interferenzfilter (87) in einem parallelen Lichtweg vor dem Empfänger (23)

angeordnet ist.

Die Erfindung betrifft eine Dynamiksteuerungsanordnung für ein Entfernungsmeßgerät nach dem Prinzip der Laufzeitmessung eines Meßlichtimpulses gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Ein solches Entfernungsmeßgerät ist beispielsweise in 10 der auf einer älteren deutschen Patentanmeldung beruhenden DE-OS 31 03 567 beschrieben. Dort ist die Verzweigungsstelle statisch, d. h. es wird jeder vom Sender emittierte Lichtimpuls in zwei Teile aufgespalten, von denen der eine als Meßlichtimpuls zum Zielgegenstand emittiert und der andere als Referenzlichtimpuls direkt der Detektoreinrichtung zugeführt wird, wobei bei 15 großen Meßentfernungen letzterer zum Starten und ersterer zum Anhalten der Laufzeitmessung dient. Das Problem, die Intensität des emittierten Meßlichtimpulses an die Reflektivität und Entfernung des Zielgegenstandes und die Intensität des Referenzlichtimpulses an die des reflektierten Meßlichtimpulses anzupassen, wird dabei mit Hilfe von Dämpfungseinrichtungen gelöst, die in den 20 Lichtweg zwischen Empfangsoptik und Detektoreinrichtung bzw. in den Referenzlichtweg eingeschaltet sind und prinzipiell beliebiger Art sein können. Die eben erwähnten Anpassungen sind deshalb erforderlich, da die Intensität des empfangenen Meßlichtimpulses aufgrund der genannten Ursachen sowie der Einflüsse der jeweiligen Lichtdurchlässigkeit des zwischen dem Meßgerät und dem Zielgegenstand liegenden Mediums innerhalb 25 weiter Grenzen schwanken kann. Da der Empfänger der Detektoreinrichtung eine im Vergleich zu diesem Amplitudenbereich des reflektierten Lichtimpulses geringe Dynamik besitzt, ist es zur Erzielung einer hohen Meßgenauigkeit erforderlich, die für eine große Meßreichweite hoch gewählte Intensität der vom Sender emittierten Lichtimpulse abzuschwächen, wenn sehr kleine Entfernungen und/oder die Entfernungen sehr gut reflektieren- 30 der Zielgegenstände gemessen werden sollen. Da sich überdies das Ansprechverhalten des Empfängers in Abhängigkeit von der Intensität des auf den Photodetektor auffallenden Lichtimpulses ändern kann, ist es zur Erzielung einer möglichst gleichartigen Verarbeitung von Meßlichtimpuls und Referenzlichtimpuls erforderlich, daß letzterer in etwa dieselbe Amplitude besitzt, wie der vom Zielgegenstand reflektierte Lichtimpuls. Bei sehr 35 weit entfernten und/oder schlecht reflektierenden Zielgegenständen ist es daher erforderlich, die Amplitude des Referenz-Lichtimpulses entsprechend zu verringern.

Hierfür in Frage kommende, bekannte Dämpfungseinrichtungen, wie Irisblenden oder einfahrbare Filter sind 40 entweder vergleichsweise groß und reaktionsträge und daher für hohe Meßfrequenzen ungeeignet, oder kostspielig und nicht ohne weiteres einsetzbar.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Entfernungsmeßgerät der eingangs genannten Art so weiterzubilden, daß die erforderliche Dämpfung der Lichtimpulsintensitäten auf einfache, 60 kostengünstige und zuverlässige Art mit hoher Geschwindigkeit durchgeführt werden kann.

Bei einem Entfernungsmeßgerät der eingangs genannten Art ist es wie in der auf einer gleichzeitig eingereichten Patentanmeldung beruhenden DE-OS 32 19 423 65 beschrieben, auch möglich, die Laufzeitmessung nicht mit einem vom Meßlichtimpuls abgezwigten Referenzlichtimpuls sondern durch den vom Triggergenerator

abgegebenen elektrischen Triggerimpuls zu starten, der den Sender zur Abgabe eines Lichtimpulses veranlaßt, so daß hier also streng genommen keine Lichtimpuls- sondern eine Signal-Laufzeitmessung vorgenommen 5 wird, wobei das Signal zunächst in elektrischer Form, dann als Lichtimpuls und dann wieder als elektrisches Signal auftritt. Der Einfluß der dabei während der beiden »elektrischen« Phasen auftretenden Signalverzögerungen und deren Schwankungs- und Drifterscheinungen auf das Meßergebnis wird dadurch beseitigt, daß unmittelbar 10 vor und/oder nach dem Meßlicht-Impuls, der zum Zielgegenstand weitergeleitet wird, ein Referenzlichtimpuls in den geräteinernen Referenzlichtweg gelenkt wird, wobei ebenfalls die oben geschilderte Signal-Laufzeitmes- 15 sung durchgeführt wird. In diesem Fall ist die zeitliche Länge der »optischen« Phase genau bekannt, so daß die Signalverzögerungen in den beiden »elektrischen« Phasen ermittelt und wegen der Kürze der Zeit, in der Meßschuß und Referenzschuß aufeinanderfolgen, mit den beim Meßschuß aufgetretenen Signalverzögerungen der dortigen »elektrischen« Phasen gleichgesetzt bzw. durch Subtraktion der so gewonnenen Meßwerte elimi- 20 niert werden können.

Für das dabei erforderliche Einspeisen des vom Sender emittierten Lichtimpulses einmal in den Meßlichtweg und einmal in den Referenzlichtweg ist ein Lichtweg-Umschalter vorgesehen, der sich bewegt und dabei 25 entsprechende Meßlichtstellungen (Einspeisen des Lichtimpulses in den Meßlichtweg) und Referenzlichtstellungen (Einspeisen des Lichtimpulses in den Referenzlichtweg) durchläuft.

Dieser ohnehin erforderliche Lichtwegumschalter kann nun gemäß Anspruch 1 gleichzeitig auch zur Lösung der 30 der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe herangezogen werden.

Im Rahmen des erfindungsgemäßen Konzeptes, nämlich die Zeitpunkte des Auftreffens der Lichtimpulse auf den beweglichen Lichtweg-Umschalter so zu steuern, daß bedingt durch die momentane Stellung des Lichtweg-Umschalters die gewünschte Dämpfung erzielt wird, 35 liegen die drei folgenden bevorzugten Varianten:

- a) Im Ausgangsbereich des Lichtweg-Umschalters, der von einem periodisch schwingenden Spiegel, einem mit etwa konstanter Winkelgeschwindigkeit rotierenden Spiegelprisma oder einer mit etwa konstanter Winkelgeschwindigkeit rotierenden, Ablenkspiegel und Licht-Durchtrittsöffnungen aufweisenden Scheibe gebildet sein kann, liegt nur ein einziger 40 weiterführender Einspeisungsabschnitt des Meßlichtweges und/oder ein einziger weiterführender Einspeisungsabschnitt des Referenzlichtweges. Zur Erzielung einer beispielsweise 50%igen Dämpfung wird dabei dafür gesorgt, daß ein Lichtimpuls zu einem solchen Zeitpunkt auf den Spiegel, das Spiegelprisma oder die rotierende Scheibe trifft, daß durch die momentane Stellung des Lichtweg-Umschalters bedingt nur die Hälfte der in dem Lichtimpuls enthaltenen Lichtmenge in das Eintrittsfenster des weiterführenden Lichtweges fällt, während die andere Hälfte daran vorbeiläuft und/oder absorbiert wird. Zur Erzielung einer geringeren oder größeren Dämpfung werden entsprechend andere Auftreffzeitpunkte für den Lichtimpuls auf den Lichtweg-Umschalter gewählt, um den 45 in den weiterführenden Lichtweg fallenden Lichtanteil zu vergrößern oder zu verkleinern. Der Vorteil einer solchen mit einer variablen Teilüberdeckung

der Lichtwege im Augenblick des Durchgangs eines Lichtimpulses durch die Trennstelle arbeitenden Anordnung besteht darin, daß sich mit ihr innerhalb weiter Grenzen eine kontinuierliche Dämpfung durchführen läßt. Schwierigkeiten gibt es hier allerdings dann, wenn der Lichtimpuls eine räumlich-zeitliche Dispersion besitzt, weil dann der zeitliche Schwerpunkt des weitergeleiteten Teils eines Lichtimpulses gegen den zeitlichen Schwerpunkt des ungeteilten Lichtimpulses in Abhängigkeit vom gewählten Dämpfungsgrad in unterschiedlicher Weise verschoben sein kann, was sich unmittelbar auf die zur Entfernungsbestimmung durchzuführende Laufzeitmessung auswirkt.

- b) Dieses letztgenannte Problem kann dadurch gelöst werden, daß man für den Meßlichtweg und/oder für den Referenzlichtweg mehrere funktional zueinander parallele Einspeisungs-Abschnitte vorsieht, die dann im weiteren Verlauf wieder zu einem einzigen Meß- oder Referenzlichtweg zusammengeführt werden und von denen jeder eine Dämpfungsvorrichtung mit einem festen Dämpfungsfaktor umfaßt, der sich jeweils von den Dämpfungsfaktoren in den anderen Abschnitten unterscheidet. Somit läßt sich eine gewünschte Dämpfung dadurch erzielen, daß der gesamte Lichtimpuls mit Hilfe des Lichtweg-Umschalters jeweils in denjenigen Einspeisungsabschnitt gelenkt wird, in dem ein diese Dämpfung bewirkendes Filter oder dergleichen angeordnet ist. Auf diese Weise läßt sich zwar die Dämpfung nur stufenweise verändern, doch führt das zu keinen besonderen Problemen, da zumindest der photoelektrische Empfänger immer einen gewissen Amplitudenbereich verarbeiten kann und die Dämpfungsfaktoren der verschiedenen Dämpfungseinrichtungen so aufeinander abgestimmt werden können, daß das Produkt aus dem jeweils kleineren Dämpfungsfaktor und aus der Dynamik des Empfängers etwas größer als der nächst größere Dämpfungsfaktor ist, so daß sich ein geringfügig überlappendender Anschluß der einzelnen Dämpfungsbereiche zu einem lückenlosen Gesamt-Dämpfungsbereich ergibt. Ist darüber hinaus auch noch die Senderleistung veränderbar, so kann der dadurch zur Verfügung stehende Dynamikfaktor ebenfalls in dieses Produkt mit hereingenommen werden, so daß sich entsprechend größere Unterschiede zwischen den Dämpfungsfaktoren der einzelnen Filter und, bei gleichbleibendem Gesamt-Dämpfungsbereich, eine geringere Anzahl von Filtern ergibt.

In den Fällen, in denen dies die Struktur der Lichtimpulse erlaubt, kann erfindungsgemäß auch hier noch zusätzlich mit Teilüberdeckung der Lichtwege gearbeitet werden, wodurch sich die Zahl der funktional zueinander parallelen Lichtwegabschnitte und damit auch der erforderlichen Dämpfungseinrichtungen verringern läßt.

- c) Eine besonders bevorzugte und vorteilhafte Variante kombiniert Teile der Varianten a) und b) in der Weise; daß nicht mehrere zueinander parallele Einspeisungsabschnitte für den jeweiligen Lichtweg erforderlich sind und dennoch nicht mit einer Teilüberdeckung der Lichtwege gearbeitet werden muß. Dies geschieht dadurch, daß durch die permanente periodische Bewegung des Lichtweg-Umschalters in den Lichtweg, in dem die Lichtimpulse gedämpft werden sollen, laufend Dämpfungselemente, beispielsweise Filter mit unterschiedlichen Dämpfungs-

faktoren gebracht und die Lichtimpulse so erzeugt werden, daß sie zu dem Zeitpunkt am Lichtweg-Umschalter ankommen, in welchem ihnen das gewünschte Dämpfungselement angeboten wird.

Auch hier kann man noch zusätzlich mit Teilüberdeckung von Lichtwegen arbeiten. Will man das nicht, so ist ebenfalls nur eine stufenweise Änderung der Dämpfungsfaktoren möglich. Aus den bereits unter b) genannten Gründen entstehen hierdurch jedoch keine besonderen Schwierigkeiten.

Bei allen drei Varianten ist es prinzipiell möglich, die Dämpfung der Meßlichtimpulse entweder vor ihrer Aussendung zum oder nach ihrer Rückkehr vom Zielgegenstand durchzuführen. Der letztere Fall wird bevorzugt, weil hierbei auch das vom Zielgegenstand bzw. seiner Umgebung in den Empfangslichtweg gelenkte Umweltlicht in derselben Weise wie das Meßlicht gedämpft wird und somit Fehler, die durch unterschiedliches Umweltlicht in der Avalanche-Diode auftreten, eliminiert werden, und gleichzeitig aber das Signal/Rausch-Verhältnis wesentlich verbessert wird. Um diese Dämpfung auf der Empfangsseite zu realisieren ist es lediglich erforderlich, den Lichtweg-Umschalter und den Empfangslichtweg in ihrer baulichen Ausgestaltung so aufeinander abzustimmen, daß nicht nur das Sendelicht sondern auch das Empfangslicht auf den Lichtweg-Umschalter trifft und von diesem zum Empfänger weitergeleitet wird.

Eine erfindungsgemäß zur Verwirklichung der Variante c) als Lichtwegumschalter vorgesehene rotierende Scheibe weist vorzugsweise einerseits eine Vielzahl von Öffnungen, die das vom Sender kommende Licht geradlinig und ohne Teilüberdeckung als Meßlicht durchlassen, und, mit demselben radialen Abstand von der Drehachse, eine Vielzahl von Spiegeln auf, von denen jeder geeignet ist, das vom Sender kommende Licht in den Referenzlichtweg umzulenken. Andererseits besitzt die Scheibe mit einem anderen radialen Abstand von der Drehachse eine weitere Vielzahl von Öffnungen, die sich durch den Weg des vom Zielgegenstand zurückkommenden Meßlichtes hindurchbewegen und die die verschiedenen Dämpfungswerte liefernden Filter enthalten. Es sind sowohl die das Sendelicht durchlassenden Öffnungen als auch die Spiegel und die das Referenzlicht durchlassenden Öffnungen jeweils zu gleich großen Gruppen zusammengefaßt, wobei in einer Gruppe der Empfangslichtöffnungen immer alle vorhandenen unterschiedlichen Dämpfungswerte vertreten sind. Jeder Gruppe von Sendelichtöffnungen und jeder Gruppe von Spiegeln ist eine Gruppe von Empfangslichtöffnungen in der Weise zugeordnet, daß ein durch eine bestimmte Sendelichtöffnung austretender Meßlichtimpuls bei seiner Rückkehr vom Zielgegenstand eine bestimmte Empfangslichtöffnung durchläuft, bzw. daß beim Eintreffen eines von einem bestimmten Spiegel reflektierten Referenzlichtimpulses am Empfänger dort gleichzeitig das durch eine bestimmte Empfangslichtöffnung hindurchgetretene Umgebungslicht auftritt. Dadurch kann einerseits durch die Auswahl der »richtigen« Sendelichtöffnung für einen Meßlichtimpuls bereits die gewünschte Dämpfung festgelegt und andererseits durch »richtige« Auswahl des Spiegels für den zugehörigen Referenzlichtimpuls dafür gesorgt werden, daß die Lichtverhältnisse am Empfänger für beide Impulse einander möglichst gleichen, wobei vorausgesetzt ist, daß durch eine im Referenzlichtweg angeordnete Dämpfungseinrichtung, die ein unveränderliches Dämpfungselement und einen steuerbaren opti-

schen Dämpfer umfaßt, die Amplitude des Referenzlichtimpulses möglichst weitgehend an die des am Empfänger eintreffenden Meßlichtimpulses angeglichen ist.

Ordnet man die oben erwähnten Gruppen von Sendelichtöffnungen und Spiegeln bzw. zugehörigen Empfangslichtöffnungen auf der Scheibe so alternierend an, daß in den Empfangslichtöffnungen die verschiedenen Filter, die in gleicher Weise in jeder Gruppe vorhanden sind, in jeder Gruppe auch die gleiche Reihenfolge besitzen, so läßt sich, nachdem durch Versuchsmessungen die richtige Dämpfung gefunden ist, zur Gewinnung mehrerer Einzelmeßwerte sowohl für die Meßlicht-Laufzeit als auch die Referenzlicht-Laufzeit, aus denen dann zur Erzielung eines einzigen besonders genauen Entfernungsmesswertes vor oder nach der Subtraktion Mittelwerte gebildet werden, die ganze Anordnung streng periodisch so betreiben, daß mit genau gleichen Zeitabständen am Empfänger immer alternierend ein Meßlichtimpuls und ein Referenzlichtimpuls empfangen werden.

Die diese Impulse weiterverarbeitenden Analogschaltungen weisen, wie alle Analogschaltungen, die Eigenschaft auf, daß die Größe des von ihnen auf das zu verarbeitende Meßsignal aufgeprägten Fehlers vom Zeitabstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden gleichartigen Signalverarbeitungsvorgängen abhängt. Durch die Periodizität der Ansteuerung wird nun erfindungsgemäß erreicht, daß diese Fehler mit derselben Größe in die Laufzeitwerte sowohl der Meßlichtimpulse als auch der zugehörigen Referenzlichtimpulse eingehen und sich somit bei der nachfolgenden Differenzbildung herausheben.

Darüber hinaus findet in der Zeitmeßvorrichtung eines hier in Rede stehenden Entfernungsmessgerätes im allgemeinen ein Zeitbasissignal Verwendung, das an den verschiedensten Stellen zum Einsatz kommt und daher unvermeidlicherweise auf praktisch allen Leitungen als, wenn auch sehr kleines, periodisch schwankendes Stör-signal vorhanden ist.

Betreibt man nun die Anordnung nicht mit einer beliebigen Periodizität, sondern mit einer Folgefrequenz, die ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz des Zeitbasissignals beträgt, so gehen auch die durch das Zeitbasissignal verursachten Störspannungen in die Analogsignale mit gleicher Amplitude ein und fallen daher bei den nachfolgenden Differenzbildungen wieder heraus, und der Zeitmeßvorgang wird vereinfacht.

Wird für das Zeitbasissignal eine genügend hohe Frequenz, beispielsweise 15 MHz gewählt, so läßt sich der oben beschriebene periodische Betrieb ohne weiteres unter Erfüllung der Bedingung durchführen, daß die Lichtimpulse die Öffnungen der rotierenden Scheibe bei voller Überdeckung mit den vorausgehenden und nachfolgenden Strahlengängen durchlaufen sollen.

Wird ein solches Entfernungsmessgerät aus einer Batterie mit Strom versorgt, so ergibt sich ein Problem daraus, daß die verschiedenen im Gerät benötigten Spannungen mit Hilfe eines Zehrhackers erzeugt werden müssen, dessen Flanken dann, wenn sie mit der Erzeugung eines Laufzeitmessung startenden oder beendenden Signals zusammenfallen, eine exakte Messung unmöglich machen.

Um diese Fehlerquelle zu vermeiden, ist es vorteilhaft, den Trigger-Generator zeitlich so zu steuern, daß die Lichtimpulse nicht nur zu den für die gewünschte Dämpfung richtigen Zeitpunkten auf den Lichtwegumschalter auftreffen, sondern auch so, daß überdies Beginn und Ende der Signal-Laufzeitmessungen in Zeiträume fallen,

In denen keine durch Zehrhacker-Flanken bedingte Störungen auftreten.

Will man das Entfernungsmessgerät nun zur Erzielung einer besonders hohen Meßgenauigkeit in der oben beschriebenen Weise periodisch und synchron mit dem Zeitbasissignal betreiben, so läßt sich diese Bedingung nicht mehr realisieren. In diesem Fall ist es erfindungsgemäß vorgesehen, in den Zeiträumen, in die Beginn oder Ende einer Laufzeitmessung fallen, den Zehrhacker auszutasten, d. h. seine Schwingungen kurzfristig zu unterdrücken und stattdessen die Stromversorgung aus einem Pufferkondensator zu speisen. Da es sich dabei auch bei großen Entfernungen nur um Zeiträume in der Größenordnung von 60 bis 70  $\mu$ s handelt, ist dies ohne großen technischen Aufwand möglich.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben; in dieser zeigt

Fig. 1 eine schematische Blockdarstellung eines Entfernungsmessgerätes, bei dem gemäß der Erfindung die Dynamik-Steuerung mit Hilfe einer in den Send- und Empfangs-Lichtwegen angeordneten optischen Schalt- und Dämpfungseinheit durchführbar ist.

Fig. 2 die schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform für eine optische Schalt- und Dämpfungseinheit gemäß Fig. 1.

Fig. 3 eine zweite, besonders bevorzugte Ausführungsform für eine optische Schalt- und Dämpfungseinheit gemäß Fig. 1 und

Fig. 4 eine Frontansicht der in Fig. 3 geschnitten dargestellten Dämpfungsscheibe.

Wie in Fig. 1 wiedergegeben, besitzt ein nach dem Prinzip der Lichtimpuls-Laufzeitmessung arbeitendes Entfernungsmessgerät einen Sender 1, der beispielsweise eine Laser-Sendediode und eine diese Sendediode mit Energie versorgende Schaltungsanordnung umfassen kann, die im wesentlichen aus einem »langsam« aufladbaren Energiespeicher in Form einer Kapazität und einem steuerbaren elektronischen Schalter besteht, der dazu dient, die im Energiespeicher angesammelte Energie schnell über die Sendediode zur Erzeugung eines Laser-Lichtimpulses zu entladen.

Die Ansteuerung dieses Schalters erfolgt durch einen Triggergenerator 3, dessen Ausgangssignal gleichzeitig auch zum Start bzw. als Vorbereitungssignal für den Start der jeweiligen Signal-Laufzeitmessung dient. Zwischen den Trigger-Generator 3 und den Sender 1 ist ein Verzögerungsglied 2 geschaltet, das einerseits dafür sorgt, daß beispielsweise auch beim Ausmessen einer sehr kurzen Entfernung das Stop-Signal für die Laufzeitmessung einen genügend großen zeitlichen Abstand vom Start-Signal aufweist, so daß diese beiden Signale von ein und demselben Zeitmeßkanal ohne weiteres nacheinander verarbeitet werden können, und das andererseits bewirkt, daß die Signal-Laufzeitmessung vor dem Zeitpunkt und damit störungsfrei begonnen wird, in welchem der Sender auf das Triggersignal mit der Erzeugung eines sehr schnellen und vergleichsweise großen Stromstoßes durch die Sendediode reagiert, wobei sehr kräftige Störsignale erzeugt werden, die es außerordentlich schwierig machen würden, ein genau gleichzeitig mit oder kurz nach der Lichtimpuls-Erzeugung durch den Sender 1 abgegebenes Start-Signal für die Signal-Laufzeitmessung zeitlich exakt zu erfassen.

Die vom Sender 1 erzeugten Lichtimpulse werden über einen Sender-Lichtweg 7 einer optischen Schalt- und Dämpfungseinheit 8 zugeführt, die z. B. einen mechanisch beweglichen Lichtwegumschalter 10 enthält, der je

nach seiner Stellung einen aus dem Sender-Lichtweg 7 austretenden Lichtimpuls entweder in einen Sende-Meßlichtweg 15 oder einen geräteinternen Referenzlichtweg 11 lenkt.

Die vom Lichtwegumschalter 10 in seiner Meßlichtstellung in den Sende-Meßlichtweg 15 eingespeisten Lichtimpulse werden zu einer Sendeoptik 16 weitergeleitet, die vereinfacht als einzelne Linse dargestellt ist und die Lichtimpulse zum Zielgegenstand aussendet, dessen Entfernung gemessen werden soll.

Der vom Zielgegenstand reflektierte Teil eines jeden Lichtimpulses wird von der in Fig. 1 ebenfalls schematisch als einzelne Linse dargestellten Empfangsoptik 18 über einen Empfangs-Meßlichtweg 19, einen in der optischen Schalt- und Dämpfungseinheit 8 enthaltenen, veränderbaren optischen Dämpfer 20 und einen Empfangslichtweg 21, 22 einem Empfänger 23 zugeführt, der beispielsweise als lichtelektrischer Wandler eine Photodiode mit einer nachgeschalteten Verstärker- und Signal-erzeugungsschaltung umfaßt, die dazu dient, ein von ihr beim Empfang eines Lichtimpulses erzeugtes Signal über eine Leitung 24 einer Zeitmeßvorrichtung 25 als Stop-Signal zuzuführen, um die von dieser Zeitmeßvorrichtung durchgeführte Signal-Laufzeitmessung für den betreffenden Lichtimpuls zu beenden. Diese Signal-Laufzeitmessung war zuvor, wie oben erwähnt, korreliert mit dem vom Trigger-Generator 3 abgegebenen Triggersignal begonnen worden, das der Zeitmeßvorrichtung 25 über die Leitung 27 zuführbar ist.

Für den Fall, daß die Ausgangssignale des Trigger-Generators 3 mit einem in der Zeitmeßvorrichtung 25 erzeugten Zeitbasissignal synchronisiert werden sollen, ist eine Leitung 29 vorgesehen, durch die entsprechende Signale von der Zeitmeßvorrichtung 25 zum Trigger-Generator 3 übertragen werden können.

Die von der Zeitmeßvorrichtung 25 gewonnenen Zeitmeßergebnisse werden über die Leitungen 28 einer zentralen Ablaufsteuerungs-, Rechen- und Auswerte-Einheit 30 zugeführt, die einerseits aus diesen Laufzeit-Meßwerten die korrigierten Entfernungsmeßwerte ermittelt und zur Anzeige bringt und die andererseits die Funktionsabläufe im gesamten Meßgerät steuert. Vorzugsweise kann diese Ablaufsteuerungs-, Rechen- und Auswerte-Einheit 30 einen Mikroprozessor umfassen.

Die vom Lichtwegumschalter 10 in seiner Referenzlichtstellung in den Referenzlichtweg 11 eingespeisten Lichtimpulse durchlaufen einen gegebenenfalls steuerbaren optischen Dämpfer 33 und werden an einer Verzweigungsstelle 35 in den zum Empfänger 23 führenden Teil 22 des Empfangslichtweges geleitet. Die auf diesem Weg vom Sender 1 zum Empfänger 23 laufenden Referenz-Lichtimpulse unterliegen senderseitig bezüglich des Triggersignals und empfängerseitig bis zur Erzeugung des Stop-Signals für die Zeitmeßvorrichtung 25 denselben Verzögerungs- bzw. Signalverarbeitungszeiten wie die Meßlichtimpulse, von denen sie sich im wesentlichen lediglich hinsichtlich der Länge des zwischen dem Lichtwegumschalter 10 und der Verzweigungsstelle 35 durchlaufenden Lichtweges unterscheiden. Da die Länge dieses Referenzlichtweges 11 und damit auch die für sein Durchlaufen benötigte Zeit sehr genau bekannt ist, können mit Hilfe der Signal-Laufzeitmessung über die Referenzlichtstrecke die oben erwähnten, auch bei den Signal-Laufzeitmessungen über die Meßstrecke wirksamen Verzögerungs- und Signalverarbeitungszeiten durch eine Differenzbildung der jeweiligen Meßwerte eliminiert werden.

Ein Signalaustausch zwischen der optischen Schalt- und Dämpfungseinheit 8 und der Ablaufsteuerungs-, Rechen- und Auswerte-Einheit 30 erfolgt über die Leitung 39, die mehradrig oder bidirektional ausgebildet sein kann, so daß beispielsweise über die Leitung 40 die momentane Stellung des Lichtwegumschalters 10 betreffende Informationen an die Ablaufsteuerungs-, Rechen- und Auswerte-Schaltung 30 übermittelt und über die Leitungen 41 und 42 dem jeweiligen Betriebszustand angepaßte Befehlssignale von der Ablaufsteuerungs-, Rechen- und Auswerte-Einheit 30 an die optischen Dämpfer 20 bzw. 33 abgegeben werden können.

Erfindungsgemäß kann nun der Lichtwegumschalter 10 entweder unmittelbar dazu verwendet werden, die Intensität der vom Sender 1 erzeugten und aus dem Senderlichtweg 7 austretenden Lichtimpulse zu verändern, bevor diese an die Sendeoptik 16 gelangen bzw. in den Referenzlichtweg 11 eingespeist werden, oder er kann in äußerst vorteilhafter Weise mit dem zur Dynamiksteuerung dienenden optischen Dämpfer 20 zur Erzielung einer besonders einfachen, optimal betreibbaren und sehr schnell zu äußerst exakten Meßergebnissen führenden Dynamik-Steuerungsanordnung kombiniert werden.

Die unmittelbare Intensitätssteuerung mit Hilfe des Lichtwegumschalters 10 wird nun anhand des in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert. In Fig. 2 wird der Lichtwegumschalter 10 von einem Schwingspiegel 45 gebildet, der zwischen einer Meßlichtstellung 46 und einer durch eine gestrichelte Linie wiedergegebenen Referenzlichtstellung 47 periodisch hin- und herbewegbar ist, was durch den gebogenen Pfeil 48 angedeutet werden soll. Der Winkelabstand zwischen den beiden genannten Stellungen ist in Fig. 2 der Deutlichkeit halber stark übertrieben dargestellt. Tatsächlich können die beiden Stellungen wesentlich näher beieinanderliegen, so daß der Umschaltvorgang sehr schnell durchgeführt werden kann. Die Steuerung des Schwingspiegels 45 erfolgt durch eine Steuereinheit 49, wie dies durch den Pfeil 50 angedeutet ist. Die Meßlichtstellung 46 und die Referenzlichtstellung 47 des Schwingspiegels 45 zeichnen sich dadurch aus, daß in ihnen ein maximaler Anteil der bei der Emission eines Lichtimpulses aus dem Sender-Lichtweg 7 austretenden Lichtenergie in den zugehörigen Sende-Meßlichtweg 15 bzw. Referenzlichtweg 11 eingespeist wird. Um diese maximale Lichteinspeisung trotz der permanenten periodischen Bewegung des Schwingspiegels 45 sicherzustellen, müssen die Zeitpunkte, in denen der Trigger-Generator 3 jeweils ein Triggersignal abgibt, mit der Bewegung des Schwingspiegels 45 zeitlich genau korreliert werden, damit die aus dem verzögert ansprechenden Sender 1 austretenden Lichtimpulse im richtigen Moment auf den Schwingspiegel 45 auftreffen. Verschiebt man die Zeitpunkte, in denen die Triggersignale erzeugt werden, gegen diese optimalen Zeitpunkte, so lenkt der Schwingspiegel 45 immer nur einen Teil der Lichtmenge eines aus dem Sender-Lichtweg 7 austretenden Lichtimpulses in den betreffenden Lichtweg 15 oder 11. Somit läßt sich durch eine entsprechende Zeitsteuerung die Amplitude der weitergeleiteten Lichtimpulse innerhalb weiter Grenzen verändern. Zu diesem Zweck ist es vorteilhaft, wenn die Steuereinheit 49 die momentane Stellung des Schwingspiegels 45 betreffende Informationen über die Leitung 40 und der Empfänger 23 die momentane Amplitude der entsprechenden Signale betreffende Informationen über die Leitung 43 an die Ablaufsteuerungs-, Rechen- und Auswerte-Einheit liefern, die dann über die Leitung 51

an den Trigger-Generator 3 eine entsprechende zeitliche Verschiebung der Triggersignale bewirkende Steuerungssignale weiterleiten kann.

In diesem Fall ist es dann möglich, auf die Veränderbarkeit des im Referenzlichtweg 11 befindlichen optischen Dämpfers 33 zu verzichten und hier ein Filter mit festem Dämpfungsverhältnis vorzusehen, das die Intensität der Referenzlichtimpulse so weit reduziert, daß mit dem Schwingspiegel 45 nur innerhalb des vom Empfänger 23 verarbeitbaren Dynamikbereiches eine Anpassung der Referenzlichtintensität an die Meßlichtintensität durchgeführt werden muß.

Der optische Dämpfer 20 kann dann, wenn nicht nur die Intensität der Referenzlichtimpulse, sondern auch die der Meßlichtimpulse mit Hilfe des Schwingspiegels 45 gesteuert wird, weggelassen werden. Zur Erzielung eines guten Signal/Rausch-Verhältnisses ist es jedoch vorteilhaft, zur Dynamiksteuerung nicht die vom Meßgerät emittierten, sondern die vom Zielgegenstand reflektierten Lichtimpulse zu bedämpfen, da damit gleichzeitig auch die Umgebungshelligkeit und das durch sie bedingte Rauschen verringert wird. Diese Bedämpfung der reflektierten Lichtimpulse findet mit Hilfe des optischen Dämpfers 20 statt, der bei der Durchführung der Signal-Laufzeitmessungen über die Referenzlichtstrecke 11 außerdem dazu dient, das von der Empfangsoptik 18 zu diesen Zeiten empfangene und auf den Empfänger 23 gelangende Umgebungslicht in dem gleichen Maße zu bedämpfen, wie dies bei der jeweils zugehörigen Signal-Laufzeitmessung über die Meßlichtstrecke geschieht.

Bei Verwendung eines sich periodisch bewegenden Schwingspiegels 45 als Lichtwegumschalter 10, der beispielsweise mit einer Frequenz von 5 kHz bis 10 kHz arbeitet, können die Enden der in den Fig. 1 und 2 den Sende-Meßlichtweg 15 bzw. den Referenzlichtweg 11 bildenden Lichtleitfasern so angeordnet werden, daß die Meßlichtstellung 46 bzw. die Referenzlichtstellung 47 nicht mit den Umkehrpunkten des Schwingspiegels zusammenfällt. Dadurch läßt sich sowohl die Meßfrequenz als auch die Folgefrequenz der Referenzlichtimpulse verdoppeln, da bei jeder Vollschrwingung des Spiegels 45 sowohl die Meßlichtstellung 46 als auch die Referenzlichtstellung 47 zweimal durchlaufen wird.

Statt des in Fig. 2 dargestellten Schwingspiegels 45 kann erfindungsgemäß zur Erzielung einer höheren Lichtimpuls-Folgefrequenz ein Spiegelprisma verwendet werden, das gleichförmig um eine auf der Zeichenebene senkrecht stehende Achse rotiert. Von der Steuerung 49 muß dann nur für eine angenäherte Konstanz der Winkelgeschwindigkeit gesorgt und ein den Durchgang einer jeden Spiegelfläche durch eine bestimmte Winkelstellung kennzeichnendes Signal erzeugt und über die Leitung 40 an die Ablaufsteuerungs-, Rechen- und Auswerte-Einheit 30 weitergegeben werden.

Die Lichtwege 7, 11, 15, 19 und 21 sind in den Fig. 1 und 2 ausschließlich als Lichtleitfaser dargestellt, wobei vor bzw. hinter den Stirnflächen dieser Lichtleitfasern vorzusehende Kondensor- bzw. Abbildungslinsen der Einfachheit halber weggelassen sind. Erfindungsgemäß können die Lichtleitfasern zumindest teilweise auch durch andere bekannte Lichtleit- und Abbildungsmittel wie z. B. Spiegel, Linsen usw. ersetzt werden.

Bei der bisherigen Schilderung der Wirkungsweise eines von einem Schwingspiegel 45 bzw. einem rotierenden Spiegelprisma gebildeten Lichtwegumschalters 10 war davon ausgegangen worden, daß nur in den Fällen, in denen wegen sehr großer Entfernung und/oder sehr geringem Reflexionsvermögen des Zielgegenstandes die

maximale Senderleistung eingesetzt werden muß, der Trigger-Generator 3 zeitlich so gesteuert wird, daß durch den Lichtwegumschalter 10 die gesamte in einem Lichtimpuls enthaltene Lichtmenge in die Eintrittsöffnung des jeweils weiterführenden Lichtweges gelenkt wird. In allen anderen Fällen wird dagegen für die erforderliche optische Signaldämpfung der Trigger-Generator 3 zeitlich so gesteuert, daß die vom Sender 1 erzeugten Lichtimpulse zu einem Zeitpunkt auf den Lichtwegumschalter 10 auftreffen, in welchem dieser eine solche Stellung einnimmt, daß nur ein gewünschter Teil der im Lichtimpuls enthaltenen Lichtmenge in den weiterführenden Lichtweg gelangt, während der Rest am Eintrittsfenster des Lichtweges vorbeigelenkt und irgendwo im Meßgerät absorbiert wird.

Diese auf einer momentanen Teilüberdeckung der Lichtwege beruhende Form der optischen Signaldämpfung läßt sich bei einem die Laufzeit eines Lichtimpulses ausmessenden Entfernungsmeßgerät nur dann in sinnvoller Weise durchführen, wenn sichergestellt ist, daß der Lichtimpuls von einer quasi punktförmigen Lichtquelle emittiert wird, bzw. daß bei einer flächigen Lichtquelle nicht verschiedene Flächenbereiche nacheinander aufleuchten und dabei ihr Licht mit unterschiedlichen Winkeln beispielsweise in eine nachfolgende Lichtleitfaser einspeisen. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, kann eine optische Dämpfung durch Teilüberdeckung dazu führen, daß der zeitliche Schwerpunkt des weitergeleiteten Lichtimpulses in Abhängigkeit von der gewählten Dämpfung, d. h. in Abhängigkeit vom Ausmaß der jeweiligen Teilüberdeckung eine zeitliche Verschiebung erfährt, die für Meßlichtimpuls und Referenzlichtimpuls unterschiedlich sein kann und sich somit bei der Subtraktion der Signal-Laufzeiten nicht heraushebt, wodurch erhebliche Meßfehler entstehen können.

Ist die obige Bedingung nicht erfüllbar, so werden gemäß der Erfindung bei Verwendung eines Schwingspiegels oder eines rotierenden Prismas als Lichtwegumschalter für die zu dämpfenden Meß- oder Referenzlichtimpulse jeweils mehrere, funktional zueinander parallele Lichtwege vorgesehen, von denen jeder einen anderen, unveränderlichen Dämpfungswert liefert und es wird je nach den Erfordernissen der Trigger-Generator in Abhängigkeit von der Bewegung bzw. momentanen Stellung des Lichtwegumschalters 10 zeitlich so gesteuert, daß der Schwingspiegel 45 oder das rotierende Spiegelprisma den auftreffenden Lichtimpuls vollständig in den richtigen Lichtweg einspeist, wo der Lichtimpuls dann der gewünschten Dämpfung unterworfen wird, ohne daß dabei eine zeitliche Schwerpunktsverschiebung auftritt. Mit einer solchen Anordnung ist dann zwar anders als bei der Teilüberdeckung keine kontinuierliche, sondern nur eine stufenweise Änderung des Dämpfungswertes möglich. Da aber die Empfindlichkeit der Avalanche-Photodiode des Empfängers 23 durch Änderung der Versorgungsspannung beeinflussbar ist (Dämpfungswert beispielsweise 1 : 5,5) und der im Empfänger 23 enthaltene, der Avalanche-Photodiode nachgeschaltete Verstärker beispielsweise eine Dynamik von 1 : 6,6 aufweisen kann, ergibt sich für den Kanal eine Dynamik von ca. 1 : 36, so daß die einzelnen Dämpfungsstufen in den parallelen Lichtwegen sich jeweils um einen Faktor zwischen 1 : 30 und 1 : 35 voneinander unterscheiden können. Dies führt dazu, daß sich beispielsweise mit sechs parallelen Lichtwegen und der Dynamik des Verstärkers eine Gesamtdynamik von mehr als 1 : 10<sup>5</sup> erreichen läßt.

Für den Fall, daß die Ausgangsleistung des Senders



noch im Verhältnis 1 : 5 veränderbar ist, erhöht sich die Kanaldynamik auf 1 : 180. Daraus ergibt sich eine entsprechende Vergrößerung des Faktors zwischen den einzelnen Dämpfungsstufen.

In den Fig. 3 und 4 ist eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen optischen Schalt- und Dämpfungseinheit 8 dargestellt, bei der eine rotierende Scheibe 55 Verwendung findet, die in besonders vorteilhafter Weise sowohl den hinter dem Sender-Lichtweg 7 befindlichen Lichtwegumschalter 10 als auch den zwischen dem Empfangs-Meßlichtweg 19 und dem Empfangslichtweg 21 angeordneten, veränderbaren optischen Dämpfer 20 in einem einzigen Bauteil miteinander vereinigt.

Wie man der Fig. 3 entnimmt, in der die rotierende Scheibe 55 in einem der Linie III-III aus Fig. 4 folgenden Schnitt dargestellt ist, wird die Scheibe 55 über eine Welle 56 von einem Motor 57 so angetrieben, daß sie beständig in Richtung des Pfeiles R rotiert.

Die angenäherte Konstanz der Winkelgeschwindigkeit dieser Rotation kann entweder durch eine beim Motor 57 befindliche bekannte Regelschaltung oder durch die zentrale Ablaufsteuerungs-, Rechen- und Auswertereinheit 30 überwacht und sichergestellt werden, die dann mit dem Motor 57 über die Leitung 58 entsprechende Informations- und Befehlssignale austauscht.

Die rotierende Scheibe 55 ist so angeordnet, daß sie mit ihrem äußersten Umfangsbereich in den Strahlengang des Lichtes eingreift, das aus dem hier als Lichtleitfaser dargestellten Sender-Lichtweg 7 austritt und von einer in Fig. 3 nur symbolisch durch ihre Mittelachse angedeuteten Linse 59 mit verringerter Divergenz weitergeleitet wird.

In diesem äußersten Bereich besitzt die Scheibe 55 einander abwechselnde Gruppen von Öffnungen 60 bis 65 und Spiegeln 70 bis 75. Die beiden ersten Öffnungen 60 und 61 einer jeden Gruppe sind als in Umfangsrichtung der Scheibe 55 verlängerte Löcher ausgebildet. Wird der Trigger-Generator 3 so angesteuert, daß er unter Berücksichtigung der entsprechenden Verzögerungen den Sender 1 zur Abgabe eines Lichtimpulses gerade dann veranlaßt, wenn sich eine dieser Öffnungen 60, 61 im Strahlengang hinter dem Sender-Lichtweg 7 befindet, so gelangt dieser Lichtimpuls völlig ungedämpft über den als freier Strahlengang dargestellten Sende-Meßlichtweg 15 zur Sendeoptik 16 und von dort weiter zum Zielgegenstand. Die übrigen Öffnungen 62 bis 65 enthalten jeweils ein Dämpfungsfilter, das einen vergleichsweise geringen Dämpfungsfaktor beispielsweise von 1 : 10 liefert und die optische Achse des Strahlengangs 15 unter einem von 90° abweichenden Winkel schneidet.

Diese Dämpfungsfilter haben folgenden Zweck: In den Fällen, in denen mit dem Entfernungsmeßgerät ein in vergleichsweise geringer Entfernung befindlicher Zielgegenstand angemessen werden soll, der einen Retroreflektor trägt, kann es bei ungünstiger Stellung des Retroreflektors geschehen, daß derjenige Teil eines Lichtimpulses, der an der Empfangsoptik 18 und insbesondere an der Stirnfläche der Lichtleitfaser 21, die hier den zur Verzweigungsstelle 35 führenden Teil des Empfangslichtweges bildet, reflektiert wird, über den Retroreflektor zurück zur Sendeoptik 16 gelangt und von dieser auf das Stirnende der Lichtleitfaser fokussiert wird, die den Sender-Lichtweg 7 bildet. Ohne die in den Öffnungen 62 bis 65 vorgesehenen Dämpfungsfilter würde der an dieser Stirnfläche erneut reflektierte Teil des Lichtimpulses mit einer genügend großen Amplitude über den gesamten Meßlichtweg bis zum Empfänger 23

laufen, um dort als verzögerter Störlichtimpuls den durch den eigentlichen Meßlichtimpuls ausgelösten Signalverarbeitungsvorgang so zu stören, daß es zu Fehlmessungen kommt bzw. eine einwandfreie Zeitabstandsmessung völlig unmöglich gemacht wird. Dies wird durch die in den Öffnungen 62 bis 65 angebrachten, schräggestellten Dämpfungsfilter verhindert. Diese Öffnungen werden nämlich zur Aussendung von Meßschüssen immer dann benutzt, wenn keine sehr großen Entfernungen ausgemessen werden sollen, d. h. also wenn die Gefahr besteht, daß der eben geschilderte Störimpuls ohne weitere Maßnahmen eine zur Störung der Messung ausreichende Amplitude besitzt. In diesen Fällen, in denen das vom Sender 1 abgegebene Licht ohnehin gedämpft werden muß, stellt es keinerlei Probleme dar, das Senderlicht bereits vor seinem Austreten aus dem Meßgerät um den durch die in Rede stehenden Dämpfungsfilter verursachten Faktor 1 : 10 zu dämpfen. Kommt dann der von den optischen Empfangseinrichtungen reflektierte Lichtanteil wieder zur Sendeoptik 16 zurück, so durchläuft er bei seiner Projektion auf die Stirnfläche der Lichtleitfaser 7 das in seinem Lichtweg befindliche Dämpfungsfilter ein erstes Mal, wobei er ebenso wie bei der Reflexion am Stirnende der Lichtleitfaser 7 und beim nochmaligen Hindurchtreten durch das Dämpfungsfilter jeweils im Verhältnis 1 : 10 geschwächt wird, so daß sich insgesamt eine Dämpfung um einen Faktor  $10^{-3}$  ergibt. Der auf diese Weise geschwächte Störlichtimpuls ist in keinem Falle mehr in der Lage, am Empfänger 23 eine Störung der Signalverarbeitung des vorausgegangenen Meßlichtimpulses zu bewirken. Durch die Schrägstellung der Dämpfungsfilter in den Öffnungen 62 bis 65 wird verhindert, daß an der Oberfläche der Filter reflektierte Lichtanteile zur Sendeoptik 16 gelangen und somit selbst zu Störsignalen werden können.

Die beiden Löcher 60 und 61, die jeweils zur Aussendung von Meßschüssen für weit entfernte Zielgegenstände benutzt werden, weisen keine derartigen Dämpfungsfilter auf, da hier wegen der großen Entfernung die oben beschriebene Ausbildung von Störreflexen keine Rolle spielt. Die längliche Ausbildung dieser beiden Öffnungen 60 und 61 ermöglicht überdies die Meßschüsse für diese großen Entfernungen so frühzeitig zu erzeugen, daß trotz der großen Entfernung die am Zielgegenstand reflektierten Lichtimpulse an dem den optischen Dämpfer 20 bildenden Teil der rotierenden Scheibe 55 und insbesondere am Empfänger 23 zur rechten Zeit eintreffen, wie dies unten noch genauer erläutert wird.

Auf jede Gruppe von Löchern 60 bis 65 folgt im äußeren Bereich der rotierenden Scheibe 55 eine gleich große Gruppe von Spiegeln 70 bis 75, die, wie man insbesondere der Fig. 3 entnimmt, an der Scheibe 55 so angebracht sind, daß ihre reflektierende Oberfläche beim Durchlaufen des Strahlengangs 15 unter einem Winkel von 45° zur optischen Achse dieses Strahlengangs steht. Wird der Trigger-Generator 3 so angesteuert, daß er den Sender 1 dazu veranlaßt, in einem Zeitpunkt einen Lichtimpuls abzugeben, in dem sich einer der Spiegel 70 bis 75 in der eben beschriebenen und in Fig. 3 für den Spiegel 71 dargestellten Stellung befindet, so wird dieser Lichtimpuls am Spiegel um 90° umgelenkt und von einer Linse 77 auf das Stirnende einer in Fig. 3 den vorderen Abschnitt des Referenzlichtweges 11 bildenden Lichtleiterfaser 32 fokussiert.

Der so erzeugte Referenzlichtimpuls tritt am anderen Ende der Lichtleitfaser 32 aus, wird von einer Linse 78

in ein paralleles Lichtbündel umgewandelt und durchläuft einen steuerbaren optischen Dämpfer 33, der hier von einer Graukellscheibe 80 gebildet wird, die zur Erzielung eines gewünschten Dämpfungswertes mit Hilfe eines Schrittmotors 81 um ihre Achse 82 in beiden Richtungen verstellt werden kann, wie dies durch den Doppelpfeil S angedeutet ist. Hinter dem veränderbaren optischen Dämpfer 33 durchläuft der Referenzlichtimpuls ein Dämpfungsfilter 83, das ein fest vorgegebenes Dämpfungsverhältnis aufweist, um dann an der Verzweigungsstelle 35 mit Hilfe eines teildurchlässigen Spiegels 85 über ein Interferenzfilter bzw. ein in der Mittenfrequenz abstimmbares Interferenzfilter 87 in den zum Empfänger 23 führenden Teil 22 des Empfangslichtweges eingekoppelt zu werden. Zu diesem Zweck wird das parallele Lichtbündel mit Hilfe einer Linse 86 auf das Stirnende der diesen Teil des Empfangslichtweges bildenden Lichtleitfaser fokussiert.

Der optische Dämpfer 33 kann auch von einem PLZT- oder einem PLMNZT-Scheibchen gebildet werden.

In einem radial weiter innen liegenden Bereich weist die rotierende Scheibe 55 aufeinanderfolgende Gruppen von Öffnungen 90 bis 95 auf, wobei jede dieser Gruppen sechs Öffnungen, d. h. ebenso viele Öffnungen umfaßt, wie die oben beschriebenen Öffnungs- bzw. Spiegelgruppen im äußeren Randbereich der Scheibe 55 Öffnungen bzw. Spiegel aufweisen.

Die eben genannten weiter innen liegenden Öffnungen 90 bis 95 sind so angeordnet, daß sie bei der Drehung der Scheibe 55 den von der Empfangsoptik 18 zum Teil 21 des Empfangslichtweges führenden Empfangs-Meßlichtweg 19 an einer Stelle durchlaufen, an der der Querschnitt des Strahlengangs 19 mit Sicherheit kleiner als der Durchmesser der Öffnungen 90 bis 95 ist. In Lichtimpuls-Laufrichtung hinter der rotierenden Scheibe 55 ist eine Linse 96 angeordnet, die das Licht auf das Stirnende einer den Eingangsteil des Empfangslichtweges bildenden Lichtleitfaser 21 fokussiert. Das am anderen Ende dieser Lichtleitfaser 21 austretende Meßlicht wird durch eine weitere Linse 97 in der gleichen Weise in ein paralleles Lichtbündel umgewandelt, wie dies oben für das Referenzlicht und die Linse 78 beschrieben wurde.

Hierauf durchläuft das Meßlicht den schräg stehenden teildurchlässigen Spiegel 85 geradlinig, d. h. mit einer sehr geringen Abschwächung und gelangt über das Interferenzfilter 87 zur Linse 86, von der es auf die Stirnfläche der Lichtleitfaser fokussiert wird, die den zum Empfänger 23 führenden Teil 22 des Empfangslichtweges bildet.

Jede der Öffnungen 90 gestattet einen ungedämpften Durchtritt des Empfangslichtes, während in den Öffnungen 91 bis 95 Filter mit unterschiedlichen Dämpfungsverhältnissen angebracht sind. Dabei ist wesentlich, daß von Gruppe zu Gruppe alle Löcher 91, alle Löcher 92, alle Löcher 93, alle Löcher 94 und alle Löcher 95 jeweils ein Filter mit demselben Dämpfungswert aufweisen.

Bei Verwendung dieser rotierenden Scheibe durchläuft also das Meßlicht das zur Dynamiksteuerung auf der Empfängersseite gedämpft wird, nur einen einzigen Lichtweg, der vom Sende-Meßlichtweg 15 über die Sendeoptik 16, den Zielgegenstand, die Empfangsoptik 18, den Empfangs-Meßlichtweg 19 und den vorderen Teil 21 des Empfangslichtweges 21, 22 zur Verzweigungsstelle 35 und von dort weiter zum Empfänger 23 führt. Dennoch wird hier zur Dämpfung nicht mit einer Teilüberdeckung von Lichtwegen im Augenblick des Durchtritts des jeweiligen Lichtimpulses gearbeitet.

Statt dessen wird der Trigger-Generator 3 zeitlich so gesteuert, daß er den Sender 1 zur Abgabe von Meßlicht-

Impulsen genau zu einem solchen Zeitpunkt veranlaßt. In dem nicht nur eine der das Senderlicht durchlassenden Öffnungen 60 bis 65 voll deckend im Strahlengang des Sende-Meßlichtweges 15 sondern auch eine der Öffnungen 90 bis 95 voll deckend im Strahlengang des Empfangs-Meßlichtweges 19 steht. Bei kurzen und mittleren Entfernungen ist diese Volldeckung praktisch gleichzeitig gegeben, da sich die Scheibe 55 bei einer bevorzugten Drehzahl von ca. 130 U/s in der Zeit praktisch nicht weiterbewegt, die der Meßlichtimpuls benötigt, um diese kurzen und mittleren Entfernungen zu durchlaufen. Nur bei weiten und sehr weiten Entfernungen (bis 10 km) spielt die Drehbewegung der Scheibe 55 bezüglich der Laufzeit der Meßlichtimpulse eine Rolle. Dies ist auch einer der Gründe, warum die für das Aussenden der Meßlichtimpulse für große und sehr große Entfernungen verwendeten Öffnungen 60 und 61 einer jeden Gruppe in Umfangsrichtung der Scheibe 55 so verlängert ausgebildet sind, daß auch ein mit einem Vorbehalt von ca. 3,1° abgegebener Lichtimpuls diese Öffnungen unbehindert durchlaufen kann. Hierdurch ist es möglich, den Meßlichtimpuls jeweils so frühzeitig abzugeben, daß er bei der Rückkehr vom Zielgegenstand die entsprechende Öffnung 90 bzw. 91 gerade in ihrer voll deckenden Stellung antrifft.

Die zur Dynamiksteuerung erforderlichen unterschiedlichen Dämpfungen werden bei dieser Ausführungsform dadurch erzeugt, daß durch die Rotationsbewegung der den Lichtwegumschalter 10 bildenden Scheibe 55 permanent in ein und denselben Lichtweg Filter mit unterschiedlichen Dämpfungsfaktoren gebracht werden und daß der Trigger-Generator 3 in Abhängigkeit von der Bewegung der Scheibe 55 zeitlich so gesteuert wird, daß er den Sender zu Zeitpunkten triggert, die gewährleisten, daß der daraufhin emittierte Meßlichtimpuls bei seiner Rückkehr vom Zielgegenstand gerade das den momentan gewünschten Dämpfungsfaktor liefernde Filter in einem der Löcher 90 bis 95 vorfindet. Damit der Meßlichtimpuls zu dem jeweiligen Zeitpunkt auch auf der Sendersseite durch die rotierende Scheibe 55 hindurchtreten kann, ist dort eine Anzahl von Öffnungen 60 bis 65 vorgesehen, die der Anzahl der die verschiedenen Dämpfungen liefernden Öffnungen 90 bis 95 je Gruppe auf der Empfängersseite entspricht.

Bei einer Anordnung, bei der sich, wie in Fig. 3 dargestellt, Sende-Meßlichtstrecke 15 und Empfangs-Meßlichtstrecke 19 bezüglich des Drehmittelpunktes der Scheibe 55 genau diametral gegenüberliegen, sind wegen der oben erwähnten »Gleichzeitigkeit«, mit der jeweils eine der Sendeöffnungen 60 bis 65 und die zugehörige der Empfangsöffnungen 90 bis 95 die volle Überdeckung mit den zugehörigen Strahlengängen erreichen, jeweils die Mitte einer Sendeöffnung 60, 61, 62, 63, 64, 65 und die Mitte der zugehörigen Empfangsöffnung 90, 91, 92, 93, 94, 95 auf einem gemeinsamen Scheibendurchmesser angeordnet, wie dies in Fig. 4 für eine der Öffnungen 62 und die zugehörige Öffnung 92 durch eine strichpunktierte Linie 101 angedeutet ist. Dabei ist die radial unmittelbar innerhalb der Sendeöffnung 62 befindliche Empfangsöffnung 92 nicht dieser Sendeöffnung sondern dem diametral gegenüberliegenden Spiegel 72 zugeordnet.

Auch den übrigen Spiegeln 70, 71 und 73 bis 75 einer jeden Gruppe ist jeweils eine diametral gegenüberliegende Empfangsöffnung 90, 91 und 93 bis 95 zugeordnet, wobei jede dieser Empfangsöffnungen ein Filter mit demselben Dämpfungsfaktor enthält, wie die entsprechend nummerierte Empfangsöffnung, die

einer gegenüberliegenden Sendelichtöffnung zugeordnet ist.

Sinn dieser Anordnung ist es, auch die Referenzlichtimpulse zu ganz bestimmten Zeitpunkten, die wieder von der Bewegung bzw. der momentanen Stellung der rotierenden Scheibe 55 abhängen, auszulösen. Ein Grundprinzip der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, für Meßlichtimpulse und Referenzlichtimpulse, deren Laufzeiten zur Gewinnung der gesuchten Entfernungswerte voneinander abgezogen werden sollten, die Laufzeitmessungen unter möglichst identischen Bedingungen durchzuführen. Dazu gehört nicht nur eine sehr weitgehende Anpassung der Lichtintensität der Referenzlichtimpulse an die der zugehörigen Meßlichtimpulse, was mit Hilfe des steuerbaren optischen Dämpfers 33 geschieht, sondern auch eine Anpassung der jeweiligen Hintergrundhelligkeit. Zu diesem Zweck werden die Referenzlichtimpulse nicht dann ausgelöst, wenn irgendeiner der Spiegel 70 bis 75 im Austrittsstrahlengang des Sender-Lichtweges 7 steht; vielmehr wird immer derjenige der Spiegel 70 bis 75 benutzt, dem auf der gegenüberliegenden Seite der Scheibe 55 eine Empfangslichtöffnung zugeordnet ist, die dasselbe Filter enthält wie diejenige Empfangslichtöffnung, durch die der zugehörige Meßlichtimpuls hindurchtritt. Damit ist sichergestellt, daß der Empfänger 23 beim Empfang des Referenzlichtimpulses dieselbe Umwelthelligkeit »sieht« und damit dasselbe zeitliche Ansprechverhalten aufweist, wie beim Empfang des zugehörigen Meßlichtimpulses.

Ähnlich wie bei der oben beschriebenen ebenfalls nicht mit Teilüberdeckungen arbeitenden Dynamiksteuerung, bei der die Lichtimpulse in unterschiedliche, funktional zueinander parallele aber mit verschiedenen Dämpfungsfiltren ausgerüstete Lichtwege gelenkt werden, ist auch hier mit Hilfe der Scheibe 55 nur eine stufenweise Änderung der Dämpfung möglich, was aber, wie oben bereits erläutert, wegen der in jedem Fall zur Verfügung stehenden Dynamik des Empfängers 23 keine besonderen Schwierigkeiten bietet.

Um die momentane Lage der Scheibe 55 bestimmen und damit auch die Ansteuerzeitpunkte für den Trigger-Generator 3 richtig wählen zu können, weist die Scheibe 55 radial noch weiter innen eine Vielzahl von Löchern 98 auf, von denen jeweils eines einem Radialstrahl zugeordnet ist, auf dem die Mitte einer der Öffnungen 90 bis 95 und der Öffnungen 60 bis 65 bzw. der Spiegel 70 bis 75 liegt. Diese Löcher 98 dienen dazu, mit Hilfe der in Fig. 3 dargestellten, von einer Lichtquelle 99 und einer Differential-Photodiode 100 gebildeten Lichtschranke über die Leitung 40 die jeweilige Stellung der rotierenden Scheibe 55 kennzeichnende Signale an die zentrale Ablaufsteuerungs-, Rechen- und Auswerteeinheit 30 abzugeben, die dann ihrerseits den Trigger-Generator 3 über die in Fig. 1 dargestellte Leitung 51 zeitlich richtig ansteuert.

Eines der Löcher 98 kann, wie in Fig. 4 gezeigt, einen anderen Abstand von der Drehachse 56 aufweisen als die übrigen Löcher 98 und durch eine eigene, nicht dargestellte Lichtschranke abgetastet werden, durch die bei jeder Umdrehung der Scheibe 55 ein eindeutiges Lage-signal für die Ablaufsteuerungs-, Rechen- und Auswerteeinheit 30 erzeugt wird.

Soll nun mit einem erfindungsgemäß aufgebauten Entfernungsmeßgerät die zunächst völlig unbekannte Entfernung eines Zielgegenstandes mit unbekanntem Reflexionsvermögen bestimmt werden, so muß zuerst durch das Meßgerät selbst die richtige Dämpfung gefunden werden, damit exakte Meßergebnisse (Genauigkeit

$\pm 1$  mm bei Entfernungen bis zu 10 km) gewonnen werden können.

Geht man davon aus, daß der im Empfänger 23 der Empfangsphotodiode nachgeschaltete Verstärker Signale zwischen 175 mV und 1150 mV mit ausreichender Linearität verstärken und einer weiteren Verarbeitung zuführen kann, was einer Dynamik von ca. 1 : 6,6 entspricht, und daß die Empfindlichkeit der Empfangsphotodiode durch Änderung der Versorgungsspannung um einen Faktor 1 : 5,5 veränderbar ist, so ergibt sich ein vom Empfänger 23 verarbeitbarer Dynamikbereich von ca. 1 : 36,3 und es muß durch eine entsprechende Dämpfung der zur Erzielung einer großen Reichweite möglichst hell gewählten Meßlichtimpulse dafür gesorgt werden, daß die am Empfänger 23 ankommenden Signale in diesem verarbeitbaren Helligkeitsbereich liegen. Diese Dämpfung erfolgt zum einen Teil durch die Meßstrecke und das Reflexionsvermögen des Zielgegenstandes (Außendämpfung) und zum anderen Teil zum gleichen der hierbei möglichen Unterschiede, die in der Größenordnung von 1 :  $10^9$  bis 1 :  $10^{10}$  liegen können, durch die erfindungsgemäße zeitliche Steuerung des Trigger-Generators 3 in Abhängigkeit von der Bewegung der Scheibe 55 (Innendämpfung), sowie unter Umständen mit Hilfe einer Änderung der vom Sender 1 abgegebenen Leistung (zusätzliche Kanaldämpfung).

Ist die Senderleistung nicht veränderbar, so geht das Meßgerät zum Herausfinden der richtigen Innendämpfung zunächst von einer sehr großen Entfernung des Zielgegenstandes und einer hohen Außendämpfung aus und sendet versuchsweise einen ersten Meßlichtimpuls durch eine der Öffnungen 60 mit einem einer großen Entfernung entsprechenden Vorhalt aus, so daß der reflektierte Lichtimpuls durch die keine Dämpfung bewirkende zugehörige Öffnung 90 zurückkommt. Dabei ist die Empfangsphotodiode auf maximale Empfindlichkeit geschaltet.

Der Empfänger 23 umfaßt in an sich bekannter Weise einen Komparator, der überwacht, ob das zu verstärkende Ausgangssignal der Empfangsphotodiode bzw. eines ihr nachgeschalteten Schwingkreises die obere Grenze von 1150 mV übersteigt. Ist dies nicht der Fall, so bedeutet dies, daß tatsächlich ein sehr weit entfernter und/oder schlecht reflektierender Zielgegenstand angemessen wurde und daß der richtige Innendämpfungswert, nämlich 1 : 1 bereits gefunden ist.

Gibt der Komparator jedoch ein Übersteuerungssignal ab, weil die 1150 mV überschritten wurden, so wird durch die zentrale Ablaufsteuerungs-, Rechen- und Auswerteeinheit 30 einerseits der auf diese Weise gewonnene Zeitmeßwert verworfen, weil er mit Sicherheit mit einem zu großen Meßfehler behaftet ist, und andererseits die Empfindlichkeit der Empfangsphotodiode im Verhältnis 1 : 5,5 verringert. Dies erfolgt so schnell, daß bereits durch die nächste, durch den Sender-Meßlichtweg 15 hindurchlaufende Öffnung 60 ein zweiter Meßlichtimpuls abgegeben werden kann, der dann wieder durch die zugehörige, keine Dämpfung bewirkende Öffnung 90 zum Empfänger 23 gelangt.

Spricht der Übersteuerungskomparator wieder an, so wird auch dieser Meßwert verworfen, die Empfindlichkeit der Empfangsphotodiode wieder auf den hohen Wert geschaltet und der nächste Meßlichtimpuls so ausgesandt, daß er das Meßgerät durch eine der Öffnungen 61 verläßt und durch die zugehörige Öffnung 91 zurückkehrt, in der sich ein Filter mit einem Dämpfungsfaktor von 1 : 30 befindet. Damit ist für den Fall, daß beim vorausgehenden Meßlichtimpuls der Schwellenwert von

1150 mV nur geringfügig überschritten wurde, sichergestellt, daß der im Empfänger 23 enthaltene Verstärker nunmehr nicht ein zu kleines, d. h. unter die untere Grenze von 175 mV fallendes, sondern ein innerhalb des angestrebten Arbeitsbereiches liegendes Signal erhält.

Sollte auch bei diesem dritten Versuch der Übersteuerungskomparator ansprechen, so wird der nächste Meßlichtimpuls wieder durch eine der Öffnungen 61 emittiert und die zugehörige Öffnung 91 empfangen, wobei allerdings die Empfindlichkeit der Empfangsphotodiode wieder im Verhältnis 1 : 5,5 verringert ist.

Führt auch dies zu einer Übersteuerung des Empfänger-Verstärkers, so wird die Empfindlichkeit der Empfangsphotodiode wieder erhöht und der nächste Meßlichtimpuls durch eine der Öffnung 62 abgegeben, die, wie oben ausführlich geschildert, zur Unterdrückung von störenden Lichtreflexen ein schräggehendes Filter mit einem Dämpfungsfaktor 1 : 10 enthält. Diese Dämpfung des ausgesandten Meßlichtes ist deswegen ohne weiteres vertretbar, weil die vorausgehenden Meßversuche ja gezeigt haben, daß eine Dämpfung von 1 : 30 nicht ausreicht, um eine Übersteuerung des Empfänger-Verstärkers zu vermeiden. Der reflektierte Lichtimpuls gelangt dann durch die zur Öffnung 62 gehörende Öffnung 92 zum Empfänger 23, in der ein Filter mit einem Dämpfungsfaktor von 1 : 100 angeordnet ist, so daß dieser Lichtimpuls insgesamt eine Innendämpfung von 1 : 1000 erfahren hat. Dieser Dämpfungswert ist gerade so gewählt, daß er etwas kleiner als das Produkt aus dem Dämpfungswert der vorausgehenden Empfangslichtöffnung, in diesem Fall der Empfangslichtöffnung 91, und aus dem Dynamikwert des Empfängers 23 ist. Das gleiche gilt auch für die Dämpfungswerte in den nachfolgenden Empfangslichtöffnungen 93 bis 95, die jeweils ein Filter mit einem Dämpfungsfaktor 1 :  $3 \cdot 10^3$ , 1 :  $10^5$  bzw. 1 :  $3 \cdot 10^6$  enthalten, was in Verbindung mit den in den zugehörigen Sendelichtöffnungen 63, 64 und 65 enthaltenen Dämpfungsfiltern Gesamt-Innendämpfungsfaktoren von 1 :  $3 \cdot 10^4$ , 1 :  $10^6$  bzw. 1 :  $3 \cdot 10^7$  ergibt, so daß sich unter Berücksichtigung des Dynamikbereichs des Empfängers 23 eine Gesamtdynamik von mehr als 1 :  $10^9$  erzielen läßt.

Spricht der Übersteuerungskomparator auch bei dem durch die Sendelichtöffnung 62 abgegebenen und die zugehörige Empfangslichtöffnung 92 empfangenen Meßlichtimpuls an, so kann zunächst wieder die Empfindlichkeit der Empfangsphotodiode verringert und insgesamt das oben beschriebene Verfahren unter Verwendung immer höherer Dämpfungsstufen in den nachfolgenden Öffnungen 93 bis 95 fortgesetzt werden, bis schließlich der Übersteuerungskomparator nicht mehr anspricht und der richtige Dämpfungswert gefunden ist.

Ist die Senderleistung ebenfalls veränderbar, beispielsweise im Verhältnis 1 : 5, so wird jedesmal dann, wenn bei einer durch eine der Öffnungen 90 bis 95 gegebenen Dämpfung und bei auf minimale Empfindlichkeit geschalteter Empfangsdiode der Übersteuerungskomparator anspricht, vor dem Hochschalten der Empfindlichkeit und der Verwendung des nächst stärkeren Dämpfungsfilters in einer der Öffnungen 91 bis 95 zunächst ein weiterer Meßversuch mit verringerter Senderleistung unternommen. Da hierbei durch Umschalten des Empfängers und des Senders insgesamt ein Dynamikbereich von 1 : 180 erzielbar ist, können in der Scheibe 55 in den Öffnungen 91 bis 95 sich in ihren Dämpfungswerten entsprechend stärker voneinander unterscheidende Filter vorgesehen und somit ein noch größerer Gesamt-Dynamikbereich abgedeckt werden. Bei

gleichbleibendem Gesamt-Dynamikbereich kann die Anzahl der verschiedenen Dämpfungsfilter aufweisenden Öffnungen, d. h. die Anzahl der Öffnungen je Gruppe verkleinert und eine entsprechend höhere Anzahl von Meß- und Referenzlichtimpulsen je Umdrehung der Scheibe 55 abgegeben werden.

Im Empfänger 23 ist außer den bereits genannten Schaltungen eine Amplitudenverstärkungs- und Gleichrichterschaltung vorgesehen, der das verstärkte Ausgangssignal des der Empfangsphotodiode nachgeschalteten Schwingkreises zugeführt wird. Ist für den Meßlichtimpuls die richtige Dämpfung gefunden, so wird das dabei von diesem Gleichrichter abgegebene Gleichspannungssignal in einer Sample-and-Hold-Schaltung solange festgehalten, bis es durch einen Analog/Digital-Wandler in einen digitalen Zahlenwert umgesetzt worden ist, der dann wieder der zentralen Ablaufsteuerungs-, Rechen- und Auswerteeinheit 30 zugeführt und dort gespeichert wird.

Gemäß einem besonders bevorzugten Verfahren wird nun zur Ermittlung eines besonders exakten Entfernungsmesswertes mit der gefundenen Dämpfung immer alternativ ein Meßlichtimpuls und ein Referenzlichtimpuls erzeugt und außerdem zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgenden Lichtimpuls-Laufzeitmessungen noch eine Eichmessung in der Zeitmeßvorrichtung 25 vorgenommen.

Dabei werden, wie oben schon erwähnt, die Referenzlichtimpulse über diejenigen der Spiegel 70 bis 75 umgelenkt, dem diejenige der Öffnungen 90 bis 95 zugeordnet ist, die ein Dämpfungsfilter mit demselben Dämpfungsfaktor aufweist, der auch bei der Meßlicht-Laufzeitmessung Verwendung findet, damit die Umweltheiligkeit bei den Meßlichtimpulsen und bei den Referenzlichtimpulsen in derselben Weise bedämpft wird.

Zur Anpassung der Amplitude der Referenzlichtimpulse an die Amplitude der Meßlichtimpulse sind, wie bereits erwähnt, im Referenzlichtweg 11 ein festes Dämpfungsfilter 83 mit unveränderlichem Dämpfungsfaktor und ein optischer Dämpfer 33 mit veränderlichem Dämpfungsfaktor angeordnet.

Für die Meßlichtimpulse muß, wie bereits erwähnt, die Innendämpfung innerhalb eines sehr hohen Bereiches verändert werden, da sich die Außendämpfung in einem entsprechend großen Bereich ändern kann. Das angestrebte Ziel ist dabei immer, das Verhältnis der kleinsten zur maximalen auf die Empfangsphotodiode auftreffenden Lichtintensität in dem vom Empfänger 23 verarbeitbaren Dynamikbereich von 1 : 36 zu halten, das gegebenenfalls noch mit dem Verhältnis (1 : 5) zu multiplizieren ist, das durch die Umschaltung der Senderleistung erzielt werden kann; dies wird dadurch erreicht, daß bei großer Außendämpfung eine entsprechend kleine Innendämpfung und gegebenenfalls eine hohe Senderleistung und umgekehrt bei kleiner Außendämpfung eine entsprechend große Innendämpfung und gegebenenfalls eine kleine Senderleistung gewählt wird.

Aus diesem Grund kann die Änderung der Amplitude der an der Empfangsphotodiode eintreffenden Meßlichtimpulse höchstens in einem Bereich von 1 : 36 bzw. 1 : 180 liegen und der im Referenzlichtweg eingebaute steuerbare optische Dämpfer 33 muß lediglich in der Lage sein, die Referenzlichtimpulse in diesem Verhältnis abzuschwächen, während der restliche Bereich von 1 :  $3 \cdot 10^7$  von dem festen Dämpfungsfilter 83 und dem schräggestellten, teildurchlässigen Spiegel 85 erledigt werden kann. Nimmt man beispielsweise an, daß der schräggehende Spiegel, was für eine möglichst geringe Bedämpf-

fung des Meßlichtes erforderlich ist, 99% des auftretenden Lichtes geradlinig durchläßt und nur 1% ablenkt, d. h. also für das Referenzlicht einen Dämpfungsfaktor von 1 : 100 liefert, so muß das Dämpfungsfilter 83 einen Dämpfungsfaktor von etwa  $3 \cdot 10^{-5}$  besitzen.

Im Restbereich von 1 : 36 bzw. 1 : 180 erfolgt die Anpassung der Amplituden der Referenzlichtimpulse an die der Meßlichtimpulse dadurch, daß auch das von dem oben erwähnten Gleichrichter beim Empfang eines Referenzlichtimpulses abgegebene Gleichspannungssignal in der Sample-and-Hold-Schaltung zwischengespeichert und digitalisiert und der so erhaltene Digitalwert mit dem zuvor gewonnenen Digitalwert des zugehörigen Meßlichtimpulses verglichen wird. Ist die Abweichung größer als ein vorgegebener Toleranzbereich, so wird mit entsprechenden über die Leitung 41 zugeführten Befehlssignalen der Schrittmotor 81 so verstellt, daß die Graukeilscheibe 80 den nächsten Referenzlichtimpuls in der richtigen Weise abschwächt.

Sind auf diese Weise sowohl für die Meßlichtimpulse als auch für die Referenzlichtimpulse die richtigen Dämpfungswerte gefunden, so kann die oben erwähnte Serie von Meßlicht- und Referenzlicht-Laufzeitmessungen und Eichvorgängen ablaufen und es können aus den dabei gewonnenen Einzelmeßwerten Mittelwerte gebildet werden, aus denen dann der gesuchte Entfernungsmeßwert berechnet werden kann.

Von besonderer Wichtigkeit ist dabei, daß der gesamte Empfangskanal und insbesondere auch die Zeitmeßschaltung 25 streng periodisch betrieben werden, damit die Meßgenauigkeit auf die oben angegebenen Werte gebracht werden kann. Ein besonderer Vorteil der eben beschriebenen Ausführungsform des Lichtwegumschalters 10 besteht darin, daß die rotierende Scheibe 55 einen solchen streng periodischen Betrieb des Empfangskanals und der nachgeschalteten Zeitmeßvorrichtung tatsächlich ermöglicht, nachdem einmal die richtige Dämpfung gefunden ist. Die Scheibe 55 besitzt ja, wie man insbesondere der Fig. 4 entnimmt, jeweils drei Gruppen von Sendelichtöffnungen 60 bis 65 und Spiegeln 70 bis 75 und den zugehörigen Empfangslichtöffnungen 90 bis 95. Das bedeutet, daß bei jeder Drehung der Scheibe in exakt gleichen Abständen drei Meßlichtimpulse und dazwischen verschachtelt drei Referenzlichtimpulse abgegeben werden und die zugehörigen Signallaufzeiten ausgemessen werden können. Zwar ist der Zeitabstand zwischen dem Sendezeitpunkt und dem Empfangszeitpunkt eines Meßlichtimpulses von der Entfernung des Zielgegenstandes abhängig, doch kann dies durch einen entsprechenden zeitlichen Vorhalt der Ansteuerung des Trigger-Generators 3 ohne weiteres kompensiert werden. Zu diesem Zweck ermittelt die zentrale Ablaufsteuerungs-, Rechen- und Auswerteeinheit 30 mit einem noch keine strenge Periodizität zu den weiteren Meßvorgängen aufweisenden ersten Meßversuch die ungefähre Entfernung des Zielgegenstandes, die wegen der Aperiodizität der Meßabläufe noch mit einem im Vergleich zu angestrebten Genauigkeit von  $\pm 1$  mm beträchtlichen Fehler behaftet sein kann. Dennoch ist diese Entfernungsbestimmung genügend genau, um dann den für eine strenge Periodizität der weiteren Meß- und Referenzschüsse erforderlichen zeitlichen Vorhalt berechnen zu können. Da, wie bereits erwähnt, für kurze und mittlere Entfernungen die Laufzeit der Meßlichtimpuls im Vergleich zur Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe 55 keine Rolle spielt, wird durch den eben erwähnten zeitlichen Vorhalt die Bedingung der Voldeckung der Sende- und Empfangslichtöffnungen mit dem Sende-Meßlichtweg bzw. dem

Empfangs-Meßlichtweg nicht gestört. Für große und sehr große Entfernungen kann wegen der länglichen Ausbildung der Sendelichtöffnungen 60 und 61 der erforderliche zeitliche Vorhalt ebenfalls unter Einhaltung der obigen Bedingung durchgeführt werden.

Zu der den steuerbaren optischen Dämpfer 33 bildenden Graukeilscheibe 80 bzw. einem entsprechenden PLZT- oder PLMNZT-Scheibchen sei noch angemerkt, daß es vorteilhaft ist, ihren Dämpfungsbereich mit beispielsweise 1 : 72 bzw. 1 : 360 doppelt so groß wie den durch den Empfänger 23 gegebenenfalls gemeinsam mit dem Sender 1 vorgegebenen Dynamikbereich von 1 : 36 bzw. 1 : 180 zu wählen. Dadurch läßt sich vorbeugend der Tatsache Rechnung tragen, daß die Leistung der Sendediode im allgemeinen im Lauf der Zeit auf die Hälfte abnimmt. Außer einer entsprechenden Verkürzung der maximal meßbaren Entfernung hat dies weiter keine nachteiligen Folgen, wenn man durch die obige Maßnahme im Referenzlichtweg 11 für einen entsprechenden Ausgleich sorgt.

---

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

---

FIG. 2

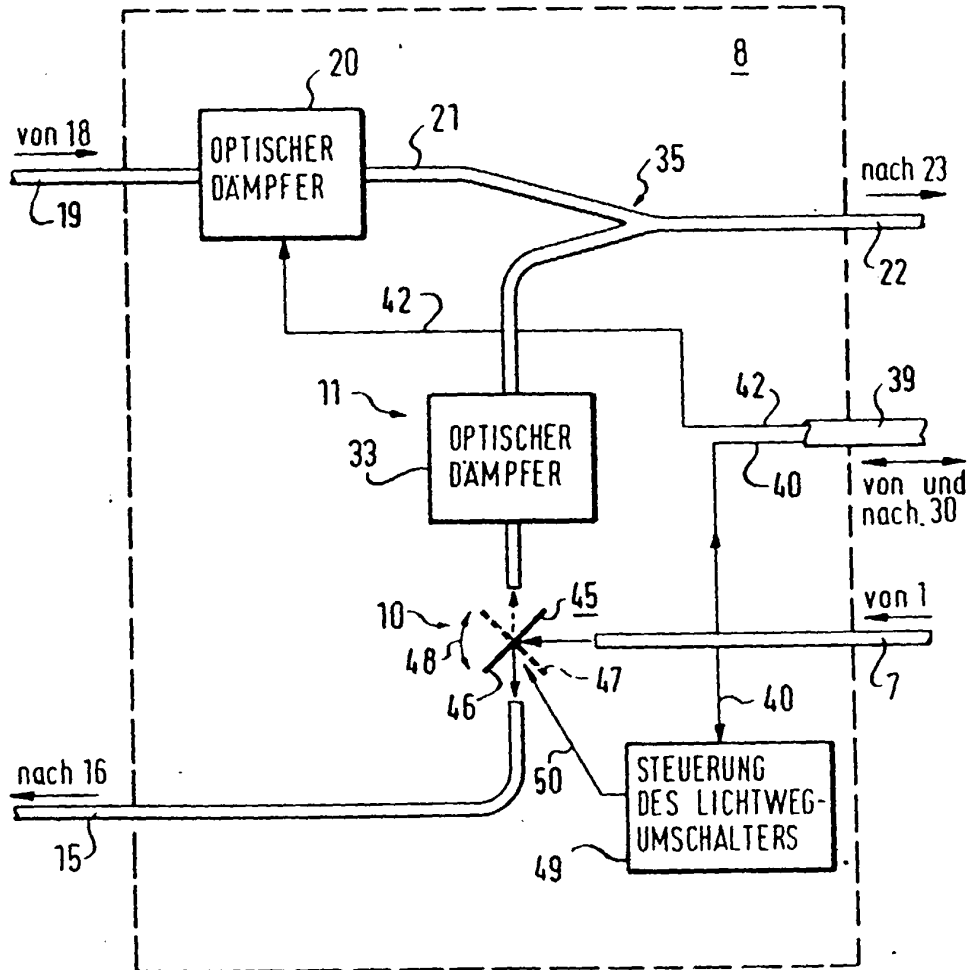


FIG. 3

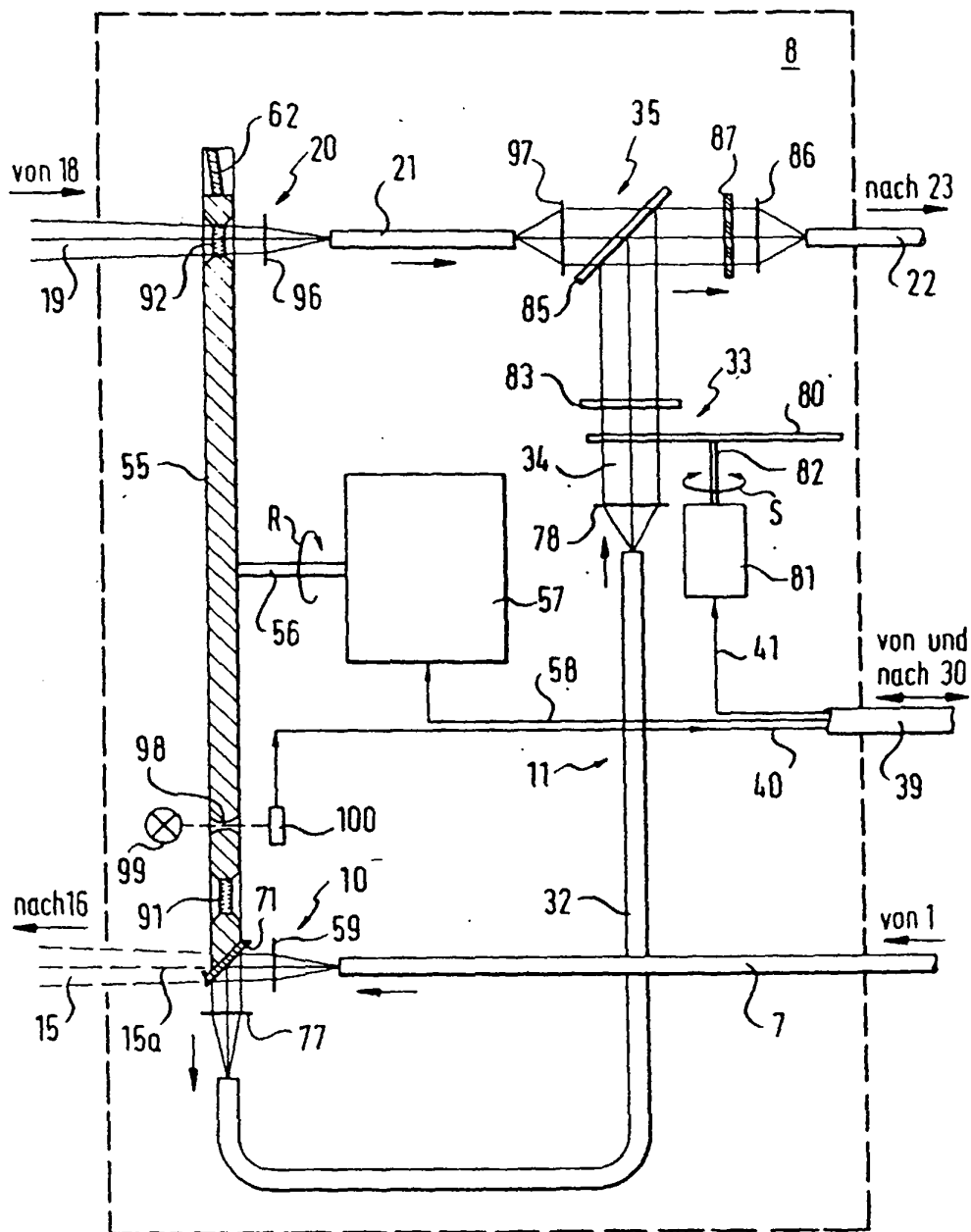
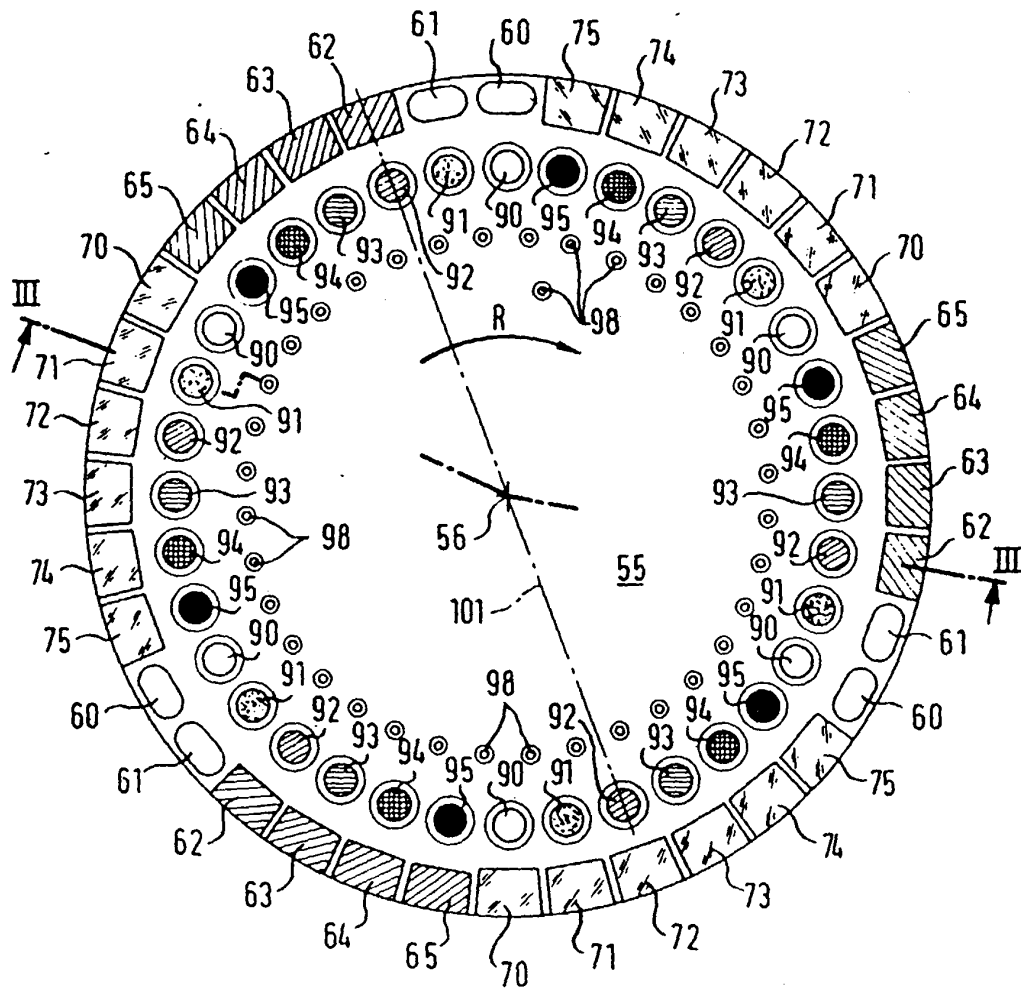


FIG. 4





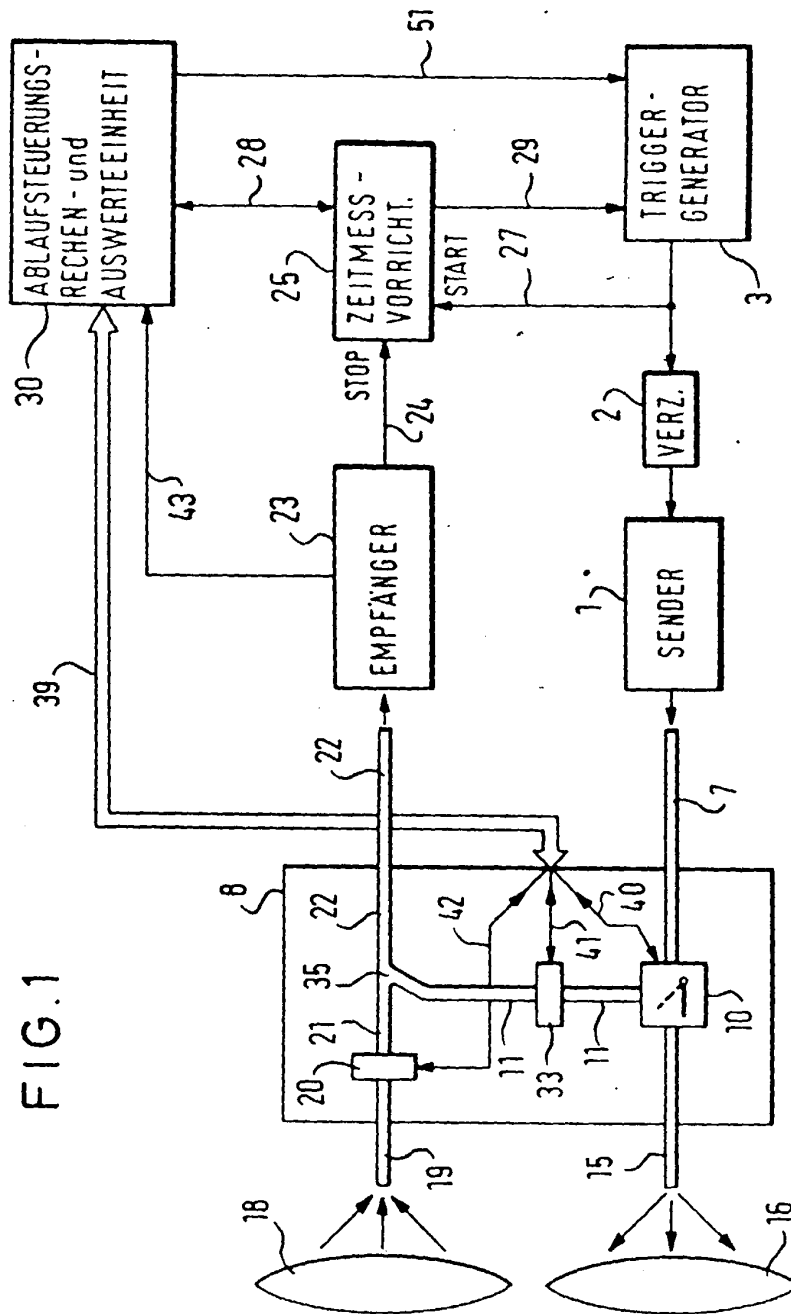


FIG. 1